电工简明手册系列

http: //www.phei.com.cn



电动机维修简明手册

辛长平 主编



电工简明手册系列



■《电动机维修简明手册》
《低压配电与低压电器简明手册》
《变压器检修简明手册》





策划编辑：张 榕
责任编辑：宋兆武
封面设计：孙焱津


ISBN 978-7-121-07009-9
9 787121 070099 >
定价：24.00 元

电工简明手册系列

电动机维修简明手册

辛长平　主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内容简介

本手册内容包括三相异步、三相同步、小功率单相异步电动机，直流电机，交流驱动微型电动机的结构、技术数据和维修技术、配电设备与配用导线的技术数据、电动机及其控制电路的常用计算等。

本手册适合所有从事电工工作和学习电工专业的人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电动机维修简明手册/辛长平主编．—北京：电子工业出版社，2008.8
(电工简明手册系列)
ISBN 978-7-121-07009-9

Ⅰ．电…　Ⅱ．辛…．Ⅲ．电动机—维修—技术手册　Ⅳ．TM320.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第096015号

策划编辑：张　榕　　责任编辑：宋兆武
印　　刷：涿州市京南印刷厂
装　　订：涿州市桃园装订有限公司
出版发行：电子工业出版社
　　　　　北京市海淀区万寿路173信箱　邮编　100036
开　　本：880×1230　1/64　　印张：10.25　字数：459千字
印　　次：2008年8月第1次印刷
印　　数：5000册　　定价：24.00元

前　言

在我国电工电器工程的教学、设计、制造、安装、使用与维修等领域中，各种形式的《电工技术手册》起到了不可替代的工具书作用，一大批优秀的手册使读者爱不释手。

但是在具体的实际工作应用中，由于手册的部本都比较巨大，给携带、查阅及在工作现场的使用带来了种种不便。再者，大部本的手册书价高，限制了低收入的电工人员和从事单项电器设备工作的电工人员对其的使用。就目前我们对图书市场的图书分类作品的了解，电工技术方面的简明手册极少。为此，我们以电工简明手册系列的方式，以单项的组稿编写形式，编写了《电动机维修简明手册》。

本简明手册的内容有三相异步电动机、三相同步电动机、专用三相异步电动机、小功率单相异步电动机、直流电机、交流驱动微型电动机的结构、主要型号的技术数据和维修技术、电动机配电设备与配用导线的技术数据、电动机及其控制电路的常用计算等。首推电动机单项技术手册的指导思想是因为在电气工程、电器设备的应用中，电动机的占有量占绝对的主导位置。如常用的Y，JS，J，JO，JO_2，J_2，JR，YL，YK，YR 系列三相异步电动机，我们在手册中将重点介绍，并提供准确的技术数据和其配套使用的电气、控制电路的技术数据，以及电动机的常用计算。对于 JSL，JRL，JLB，JLB_2 系列专用水泵电动机，隔爆型 YB 系列电动机，机械减速 YTC，JTC，JXJ 系列电动机，电磁调速 JZT_2，JZT_3，JZTT 系列电动机，交流换向器变速 JZS_2 系列电动机，本手册也介绍了其

详细的技术数据。同时本手册还介绍了特殊专用微型异步电动机，如 AO，BO，CO，DO，AO_2，BO_2，CO_2，DO_2 系列，以及专用驱动微型电动机的技术数据等，以达到应用范围广、技术指标覆盖面大的目的。

本手册力图把当前常用电动机的相关技术知识和技术数据介绍得全面准确，以实现知识的更新，并把前沿的、现代的最新产品介绍出来。但考虑到我国现代化发展和电力、电气、电器设备在生产、生活中的现状，还交叉介绍了一些老电动机系列及配套控制电路系列的具体技术数据，因为在相当多的生产企业的实际应用的设备中，20 世纪 70 ~ 80 年代的产品是占绝大多数的。

本手册为专用电动机维修手册，只介绍电动机的维修技术、技术数据和与电动机相配套的配电设备、导线的技术数据，是相关工作人员使用方便的查阅手册。考虑到部分使用人员的购买能力，在实际的工作使用中，可以根据个人的需求定向选择技术资料。

本手册在编写工作中得到了赵续仁教授、宋继武教授的亲切指导，徐鲁生、黄雷、周伟、赵永超参与了大量资料的收集、整理和编写工作，葛剑青完成了图表、插图的整理与校对，单茜、郑红完成了书稿的录入。在此，对在本书的编写工作中提供了珍贵资料的各位朋友表示感谢，并对参考了部分优秀作品为资料的作者同人表示由衷的谢意。

编　者

目　　录

第1章 三相异步电动机

1.1 电动机的分类、代号及产品规格

1.1.1 电动机的分类、代号

1. 分类

电动机按电源分有交流电动机、直流电动机、三相交流异步电动机和单相交流电动机;按转子构造分有三相鼠笼式异步电动机和绕线式转子异步电动机;按用途分有特种用途电动机、专用电动机等。

根据GB4831—84的标准,电动机按大小的划分如下。

(1) 大、中、小型交流电动机(同步电机和异步电动机)

① 中、小型交流电动机,即中心高为630mm及以下,或定子铁芯外径为990mm及以下的电动机。

② 大型交流电动机,即定子铁芯外径为990mm及以上的电动机。

(2) 大、中、小型直流电机

① 小型直流电机,即中心高为400mm及以下,或电枢铁芯外径为368mm及以下的电机。

② 中型直流电机,即电枢铁芯外径大于368mm至990mm的电机。

③ 大型直流电机,即电枢铁芯外径为990mm及以上的电机。

(3) 马力电动机和小功率电动机

① 马力电动机,即折算至1 000r/min时,其连续额定功率不

超过735W(1马力)的电动机。

② 小功率电动机，即折算至1 500r/min时，其连续额定功率不超过1.1kW的电动机。

对分马力电动机，如规格代号不用中心高而用机外壳外径表示时，其后面的分隔符号“-”应改用“/”表示。

2. 产品名称及代号

电动机的类型代号是为表示电动机的各种类型而采用的汉语拼音字母缩写。各种类型异步电动机的主要产品名称及代号如表1-1所示。

表1-1 异步电动机的产品名称及代号

序号	产品代号	产品名称
1	Y	三相异步电动机
2	YS	分马力三相异步电动机
3	YR	线绕转子式三相异步电动机
4	YLS	立式三相异步电动机(大、中型)
5	YRL	线绕式转子立式三相异步电动机(大、中型)
6	YK	大型二极(快速)三相异步电动机
7	YRK	大型线绕转子二极(快速)三相异步电动机
8	YU	电阻启动单相异步电动机
9	YC	电容启动单相异步电动机
10	YY	电容运转单相异步电动机
11	YL	双值电容单相异步电动机

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
12	YJ	极罩单相异步电动机
13	YJF	极罩单相异步电动机(方形)
14	YX	三相异步电动机(高效率)
15	YUX	电阻启动单相异步电动机(高效率)
16	YCX	电容启动单相异步电动机(高效率)
17	YYX	电容运转单相异步电动机(高效率)
18	YLX	双值电容单相异步电动机(高效率)
19	YQ	三相异步电动机(高启动转矩)
20	YH	高转差率(滑差)三相异步电动机
21	YD	多速三相异步电动机
22	YDT	通风机用多速三相异步电动机
23	YZP	中频三相异步电动机
24	YSR	制冷机用耐氟三相异步电动机
25	YUR	制冷机用耐氟电阻启动单相异步电动机
26	YCR	制冷机用耐氟电容启动单相异步电动机
27	YYR	制冷机用耐氟电容运转单相异步电动机
28	YLR	制冷机用耐氟双值电容单相异步电动机
29	YP	屏蔽式三相异步电动机
30	YPJ	泥浆屏蔽式三相异步电动机

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
31	YPL	制冷屏蔽式三相异步电动机
32	YPG	高压屏蔽式三相异步电动机
33	YPT	特殊屏蔽式三相异步电动机
34	YLJ	力矩三相异步电动机
35	YDJ	力矩单相异步电动机
36	YUL	装入式三相异步电动机
37	YEP	制动三相异步电动机(旁磁式)
38	YEG	制动三相异步电动机(杠杆式)
39	YEJ	制动三相异步电动机(附加制动器式)
40	YEZ	锥形转子制动三相异步电动机
41	YCT	电磁调速三相异步电动机
42	YHT	换向器式(正流子)调速三相异步电动机
43	YCJ	齿轮减速三相异步电动机
44	YJI	谐波齿轮减速三相异步电动机
45	YXJ	摆线针轮减速三相异步电动机
46	YHJ	行星齿轮减速三相异步电动机
47	YZC	三相异步电动机(低振动、低噪声)
48	YZS	三相异步电动机(低振动、精密机床用)
49	YZM	单相异步电动机(低振动、精密机床用)

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
50	YTD	电梯用三相异步电动机
51	YTTD	电梯用多速三相异步电动机
52	YDF	电动阀门用三相异步电动机
53	YSL	离合器三相异步电动机
54	YDL	离合器单相异步电动机
55	YSB	三相电泵(机床用)
56	YDB	单相电泵(机床用)
57	YM	木工用三相异步电动机
58	YZT	钻探用三相异步电动机
59	YNZ	耐振用三相异步电动机
60	YGT	滚筒用三相异步电动机
61	YGB	管道泵用三相异步电动机
62	YG	辊道用三相异步电动机
63	YZ	冶金与起重用三相异步电动机
64	YZW	冶金与起重用涡流制动三相异步电动机
65	YZRW	冶金与起重用涡流制动线绕转子三相异步电动机
66	YZR	冶金与起重用线绕转子三相异步电动机
67	YZRG	冶金与起重用线绕转子(管道通风式)三相异步电动机

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
68	YZRF	冶金与起重用线绕转子(自带风机式)三相异步电动机
69	YZD	冶金与起重用多速三相异步电动机
70	YZE	冶金与起重用制动三相异步电动机
71	YZJ	冶金与起重用减速三相异步电动机
72	YZRJ	冶金与起重用减速线绕转子三相异步电动机
73	YLB	立式深井泵用三相异步电动机
74	YQS	井用(充水式)三相异步电动机
75	YQSG	井用(充水式)高压潜水三相异步电动机
76	YQSY	井用(充水式)潜水三相异步电动机
77	YQY	井用潜油三相异步电动机
78	YQL	井用潜卤三相异步电动机
79	YI	装岩机三相异步电动机
80	YT	轴流式局部通风机
81	YZY	正压型三相异步电动机
82	YA	增安型三相异步电动机
83	YAR	增安型线绕转子三相异步电动机
84	YAQ	增安型高启动转矩三相异步电动机
85	YAH	增安型高转差率(滑率)三相异步电动机

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
86	YAD	增安型多速三相异步电动机
87	YACT	增安型电磁调速三相异步电动机
88	YACJ	增安型齿轮减速三相异步电动机
89	YATD	电梯用增安型三相异步电动机
90	YADF	电动阀门用增安型三相异步电动机
91	YB	隔爆型三相异步电动机
92	YBZS	起重用隔爆型双速三相异步电动机
93	YBR	隔爆型线绕转子三相异步电动机
94	YBQ	隔爆型高启动转矩三相异步电动机
95	YBH	隔爆型高转差率(滑差)三相异步电动机
96	YBD	隔爆型多速三相异步电动机
97	YBZD	起重用隔爆型多速三相异步电动机
98	YBEP	隔爆型制动三相异步电动机(旁磁式)
99	YBEG	隔爆型制动三相异步电动机(杠杆式)
100	YBEJ	隔爆型制动三相异步电动机(附加制动器式)
101	YBCT	隔爆型电磁调速三相异步电动机
102	YBCJ	隔爆型齿轮减速三相异步电动机
103	YBXJ	隔爆型摆线针轮减速三相异步电动机
104	YBTD	电梯用隔爆型三相异步电动机

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
105	YBDF	电动阀门用隔爆型三相异步电动机
106	YBP	隔爆型屏蔽式三相异步电动机
107	YBPJ	隔爆型泥浆屏蔽式三相异步电动机
108	YBPG	隔爆型高压屏蔽式三相异步电动机
109	YBPL	隔爆型制冷屏蔽式三相异步电动机
110	YBPT	隔爆型特殊屏蔽式三相异步电动机
111	YBGB	管道泵用隔爆型三相异步电动机
112	YBZ	起重用隔爆型三相异步电动机
113	YBZB	立式深井泵用隔爆型三相异步电动机
114	YBI	装岩机用隔爆型三相异步电动机
115	YBB	耙斗式装岩机用隔爆型三相异步电动机
116	YBT	隔爆型轴流式局部通风机
117	YBY	链板运输机用隔爆型三相异步电动机
118	YBJ	绞车用隔爆型三相异步电动机
119	YBHJ	回柱绞车用隔爆型三相异步电动机
120	YBC	采煤机用隔爆型三相异步电动机
121	YBCS	采煤机用隔爆型水冷三相异步电动机
122	YBK	矿用隔爆型三相异步电动机
123	YBU	掘进机用隔爆型三相异步电动机

续表

序号	产品代号	产 品 名 称
124	YBUS	掘进机用隔爆型水冷三相异步电动机
125	YBS	输送机用隔爆型三相异步电动机
126	YOJ	石油井下用三相异步电动机
127	YIF	仪用轴流单相异步风机
128	YYJ	电影放映机用异步电动机
129	YYP	电影洗片机用异步电动机
130	YSK	双轴伸空调器用电动机
131	YSY	电容运转风扇电动机
132	YSZ	电容运转转页式风扇电动机
133	YZF	罩极风扇电动机
134	YDN	电容运转内转子吊扇电动机
135	YDW	电容运转外转子吊扇电动机
136	YPS	电容运转排气扇电动机
137	YPZ	罩极排气扇电动机
138	YXB	电容运转波轮式洗衣机电动机
139	YXG	电容运转滚筒式洗衣机电动机
140	YYG	洗衣机甩干用电动机

3. 特点代号

特点代号是为表示电动机的性能、结构及用途而采用的汉语拼音字母。对于防爆电动机而言,代表防爆类型的字母为 A(增安型)、B(隔爆型)、ZY(正压型),标注位置紧接在电动机的类型代号后面。

1.1.2 电动机系列产品的规格代号

1. 产品的规格代号

电动机的规格代号用中心高、铁芯外径、机座号、机壳外径、轴伸直经、凸缘代号、机座长度、铁芯长度、功率、电流等级、转速或极数等来表示。

主要系列产品的规格代号如表 1-2 所示。

(1) 机座长度采用国际通用字母符号来表示,S 表示短机座,M 表示中机座,L 表示长机座;

(2)铁芯长度按由短至长的顺序用数字 1、2、3…表示;

(3)凸缘代号采用国际通用字母符号 FF(凸缘上带通孔)或 FT(凸缘上带螺孔)连同凸缘固定孔中心基圆直径的数值来表示。

表 1-2 电动机系列产品规格代号的组成及含义

序号	产品名称	规格代号
1	小型异步电动机	中心高(mm)—机座长度(字母代号)—铁芯长度(数字代号)—极数
2	中、大型异步电动机	中心高(mm)—机座长度(字母代号)—极数

续表

序 号	产 品 名 称	规 格 代 号
3	小型同步电机	中心高(mm)—机座长度(字母代号)—铁芯长度(数字代号)—极数
4	中、大型同步电机	中心高(mm)—铁芯长度(数字代号)—极数
5	小型直流电机	中心高(mm)—机座长度(字母代号)
6	中型直流电机	中心高(mm)或机座号(数字代号)—铁芯长度(数字代号)—电流等级(数字代号)
7	大型直流电机	电枢铁芯外径(mm)—铁芯长度(mm)
8	汽轮发电机	功率(MW)—极数
9	中、小型水轮发电机	功率(kW)—极数/定子铁芯外径(mm)
10	大型水轮发电机	功率(MW)—极数/定子铁芯外径(mm)
11	测功机	功率(kW)—转速(仅对直流测功机)

续表

序号	产品名称	规格代号
12	分马力电动机(小功率电动机)	中心高或机壳外径(mm)—(或/)机座长度(字母代号)—铁芯长度、电压、转速(均用数字代号)
13	交流换向器电机	中心高或机壳外径(mm)—(或/)铁芯长度、转速(均用数字代号)

2. 电动机的特殊环境代号

(1)“高”原用“G”;

(2)“船”(海)用“H”;

(3)“户外”用“W”;

(4)“化工防腐”用“F”;

(5)“热带”用“T”;

(6)“湿热带”用“TH”;

(7)“干热带”用“TA”。

1.2 常用三相异步电动机

1.2.1 常用三相异步电动机的产品特征与适用范围

各系列的交流异步电动机可以在海拔不高于1000m,环境空气温度不高于40℃的场所连续地在额定工作状态下运行。除了电动机具有的特殊防护外,不允许在有腐蚀性气体和有爆炸性气体或粉尘的环境中工作。非立式电动机的定子出线端,一般均装在电动机的机座侧面的接线盒内。部分三相异步电动机的产品

型号、结构特征及适用范围如表1-3所示。

表1-3 三相异步电动机的型号、结构特征与适用范围

序号	电动机名称	型号		结构特征	适用范围
		新型号	旧型号		
1	异步电动机	Y	J，JO，JQO，J_2，JO_2，JQ_2，JO-L，JK，JL，JS	铸铁外壳；小机座上有散热筋，大机座采用管道通风；铸铝鼠笼转子，有防护式和封闭式之分	用于一般的拖动机械与设备上
2	绕线转子异步电动机	YR	JR，JRO，YR	防护式铸铁外壳，绕线型转子	用于电源容量不足以启动鼠笼型电动机及要求启动电流小，启动转矩高的设备
3	绕线转子异步电动机（高启动转矩）	YQ	JQ，JQO，JGO	同Y型电动机	用于启动静止负载或惯性较大的负载机械。如压缩机、粉碎机等
4	高效率三相异步电动机	YX		同Y型电动机	可驱动无特殊要求的各种机械设备

续表

序号	电动机名称	型号		结构特征	适用范围
		新型号	旧型号		
5	高转差率（滑差）异步电动机	YH	JH，JHO	结构同Y型电动机，但转子采用合金铝浇铸	用于传动较大飞轮惯量和不均匀冲击负荷的金属加工机械。如锤击机、剪切机、冲压机、压缩机、绞车等设备
6	多速异步电动机	YD	JD，JDO	此电动机是在Y型上派生出来的	同Y型电动机，在使用上要求有2～4种转速的机械设备
7	精密机床用异步电动机	YJ	JJO	结构同Y型电动机	同Y型，用于要求振动小、噪声低的精密机床上
8	制动异步电动机（旁磁式）	YEP	JPE	电动机的定子同Y型，在转子上有旁磁路结构	用于要求快速制动的机械。如电动葫芦、卷扬机、行车、电动阀等机械设备
9	制动异步电动机（杠杆式）	YEG	JZD	电动机的定子同Y型，转子上带有杠杆式制动机构	用于要求快速制动的机械。如电动葫芦、卷扬机、行车、电动阀等机械设备

续表

序号	电动机名称	型号		结构特征	适用范围
		新型号	旧型号		
10	制动异步电动机（附加制动器式）	YEJ	JZD	电动机的定子同Y型，转子的非输出轴端带有制动器	用于要求快速制动的机械。如电动葫芦、卷扬机、行车、电动阀等机械设备
11	锥形转子制动异步电动机	YEZ	ZD，ZDY，JZZ	电动机的定子、转子均采用锥形结构，为防护式或封闭式，铸铁外壳上有散热筋，自扇散热	用于要求快速制动的机械。如电动葫芦、卷扬机、行车、电动阀等机械设备
12	电磁调速异步电动机	YCT	JZT	由封闭式异步电动机与电磁滑差离合器组成	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及要求变速的机械设备上
13	换向器式调速异步电动机	YHT	JZS	防护式，铸铁外壳，有手动和遥控调速两种方式，有换向器转子	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及要求变速的机械设备上。但其效率与功率因数比YCT型高

续表

序号	电动机名称	型号		结构特征	适用范围
		新型号	旧型号		
14	齿轮减速异步电动机	YCJ	JTC	由封闭式异步电动机和减速器组成	用于低速、大转矩的机械设备。如运输机械、矿山机械、炼钢机械、造纸机械等要求低速大转矩的机械设备
15	力矩异步电动机	YLJ	JLJ,JN	强迫通风式，铸铁外壳，鼠笼式转子，导条采用高电阻材料	用于纺织、印染、造纸、电线、电缆、橡胶、冶金等具有软特性和恒转矩的机械设备
16	起重冶金用异步电动机	YZ	JZ	封闭式，铸铁外壳上有散热筋，自扇吹冷，转子是鼠笼铜条	用于起重机和冶金辅助机械
17	起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	JZR	封闭式，铸铁外壳上有散热筋，自扇吹冷，转子是鼠笼铜条，转子为绕线式	用于起重机和冶金辅助机械

续表

序号	电动机名称	型号		结构特征	适用范围
		新型号	旧型号		
18	隔爆型异步电动机	YB	JB,JBS	防爆式,钢板外壳,铸铝转子,小机座上有散热筋	用于有爆炸性气体的场合
19	电动阀门用异步电动机	YDF		同Y型电动机	用于启动转矩与最大转矩高的机械设备上。如电动阀门
20	化工防腐用异步电动机	Y-F	JO-F,JO_2-F	结构同Y型,采用封闭及防腐措施	用于化肥、氯碱系统等化工的防腐系统中
21	船用异步电动机	Y-H	JO_2-H	结构同Y型,机座由钢板焊接或由高强度具有韧性的铸铁制造	用于船舶机械设备上
22	浅水排灌异步电动机	YQB	JQB	由水泵、电动机和整体密封盒组成	用于农业的排灌及消防水泵

1.2.2 常用三相异步电动机的安装结构和防护等级

1. 三相异步电动机的安装结构形式

三相异步电动机的安装结构形式代号由1个字母及3个数字组成,如:

A101——有两个(或一个)端盖式轴承带地脚或具有附加减速装置;

A201——带地脚,端盖上带凸缘;

A301——无地脚,端盖上带凸缘;

A401——无地脚,机座上带凸缘;

A501——装入或附装式;

A602——端盖式轴承或座式轴承;

A722——座式轴承。

2. 三相异步电动机的防护等级

在"GB1498-79"中规定,三相异步电动机的防护等级,按电动机外壳上防止固体异物进入内部及防止人体触及内部的带电或运动部件,共分了7级,如表1-4所示;按电动机外壳防水进入内部的程度,共分了9级,如表1-5所示。

表1-4 按电动机外壳上防止固体异物进入内部及防止人体触及内部的带电或运动部件部分划分的防护等级

防护等级	防护物质	定义
0	无防护	没有专门的防护

续表

防护等级	防护物质	定　义
1	防护大于 50mm 的固体(颗粒)	能防止直径大于 50mm 的固体异物进入到电动机的机壳内,能防止人体的某一大面积部分(如手)偶然或意外地触及机壳内的带电体或运动部件,但不能防止有意识地接触这些部分
2	防护大于 12mm 的固体(颗粒)	能防止直径大于 12mm 的固体异物进入到电动机的机壳内,能防止手指触及机壳内的带电体或运动部件
3	防护大于 2.5mm 的固体(颗粒)	能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入到电动机的机壳内,能防止厚度(或直径)大于 2.5mm 的工具、金属线等触及机壳内的带电体或运动部件
4	防护大于 1mm 的固体(颗粒)	能防止直径大于 1mm 的固体异物进入到电动机的机壳,能防止厚度(或直径)大于 1mm 的工具、金属线等触及机壳内的带电体或运动部件
5	防尘	能防止灰尘进入机壳内达到影响电动机正常运行的程度,完全防止其触及机壳内的带电体和运动部件
6	尘密	能完全防止灰尘进入,完全防止其触及机壳内的带电体和运动部件

表 1-5 按电动机外壳防水进入内部的程度划分的防护等级

防护等级	防护物质	定义
0	无防护	没有专门的防护
1	防滴	垂直下落的滴水不能直接进入电动机内部
2	15°防水	与垂直线成15°角范围内的滴水不能进入电动机内部
3	防淋水	与垂直线成60°角范围内的淋水不能进入电动机内部
4	防溅	任何方向的溅水应对电动机无有害影响
5	防喷水	任何方向的喷水应对电动机无有害影响
6	防海浪和强力喷水	强烈的海浪和喷水应对电动机无有害影响
7	浸水	电动机在规定的压力和时间下浸入水中,进入电动机内的水应对其无有害影响
8	潜水	电动机在规定的压力下长时间浸入水中,进入电动机内的水应对其无有害影响

3. 三相异步电动机级的防护等级标志

表明电动机外壳的防护等级标志,是由字母IP及两个数字组成的。第一位数字表示按防止固体物质进入内部及防止人体

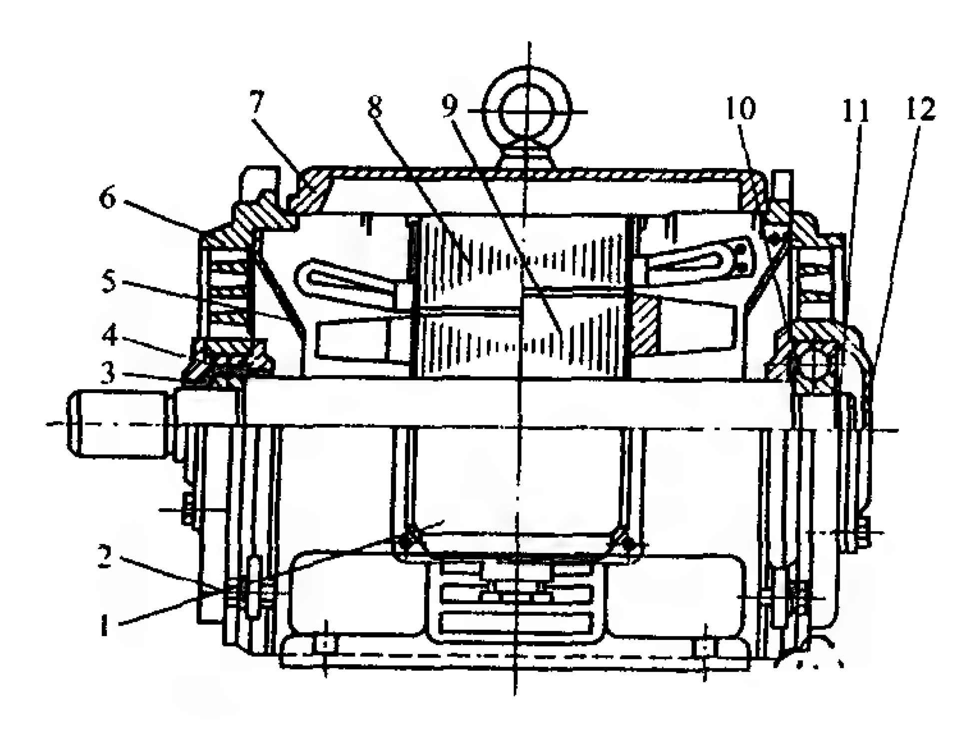
触及内部带电部位或运动部分划分的防护等级;第二位数字表示防止水进入内部的防护等级,如只需要单独标志一种防护型的等级时,则被略去数字的位置用“X”补充。

如IPX3或IP3X,说明该电动机的防护等级是“防淋水”或“防止大于2.5mm的固体物质”进入电动机内部。

1.2.3　三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机也叫三相感应电动机,主要由定子和转子组成。根据转子绕组结构的不同,有鼠笼式和线绕式两种。

如图1-1所示,为Y系列三相异步电动机的典型结构图;如图1-2所示,为鼠笼式转子结构图(分铸铝转子和铜条转子)。



1—接线盒;2—紧固件;3—轴承外盖;4—轴承;
5—挡风板;6—端盖;7—机座;8—定子铁芯;9—转子;
10—轴承内盖;11—轴用挡圈;12—轴承外盖

图1-1　Y系列三相异步电动机的典型结构图

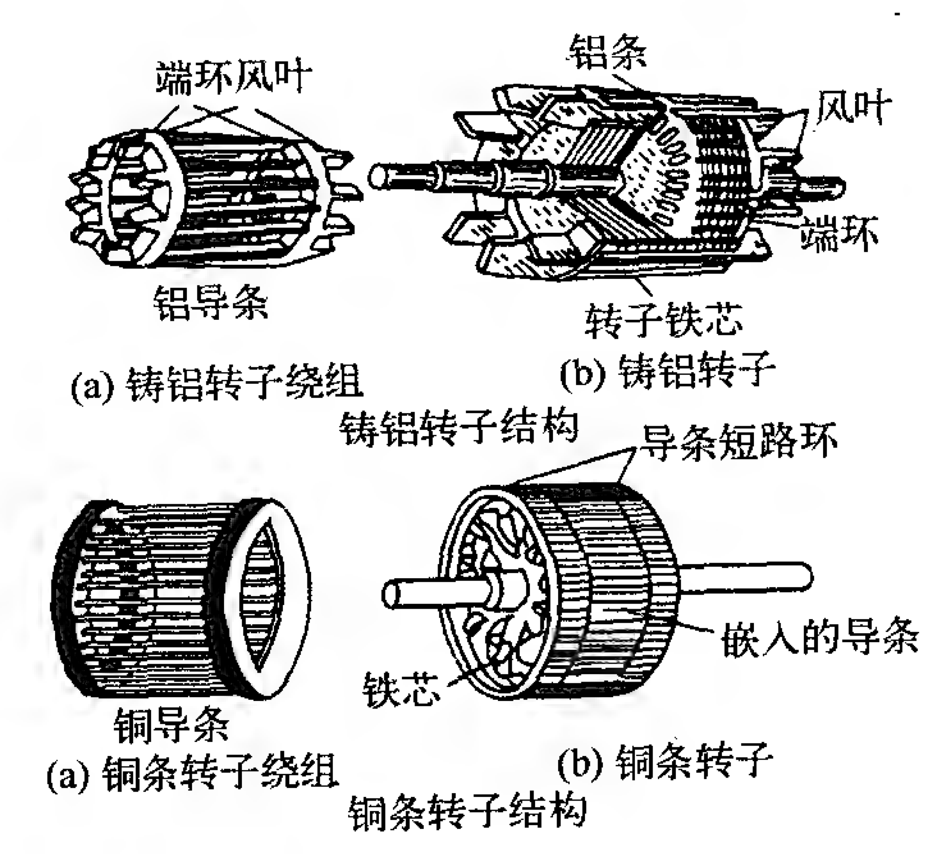


图 1-2　鼠笼式转子结构图

如图 1-3 所示，为 YR 系列线绕式转子三相异步电动机的典型结构图；如图 1- 4 所示，为有举刷短路装置的绕线式转子结构图。

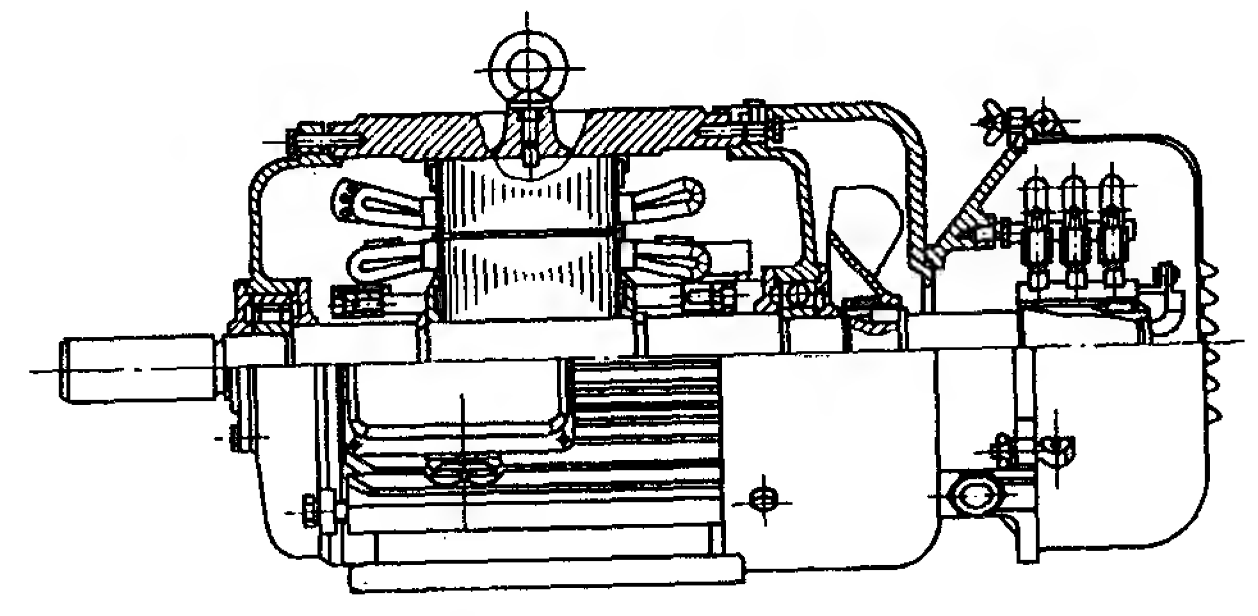
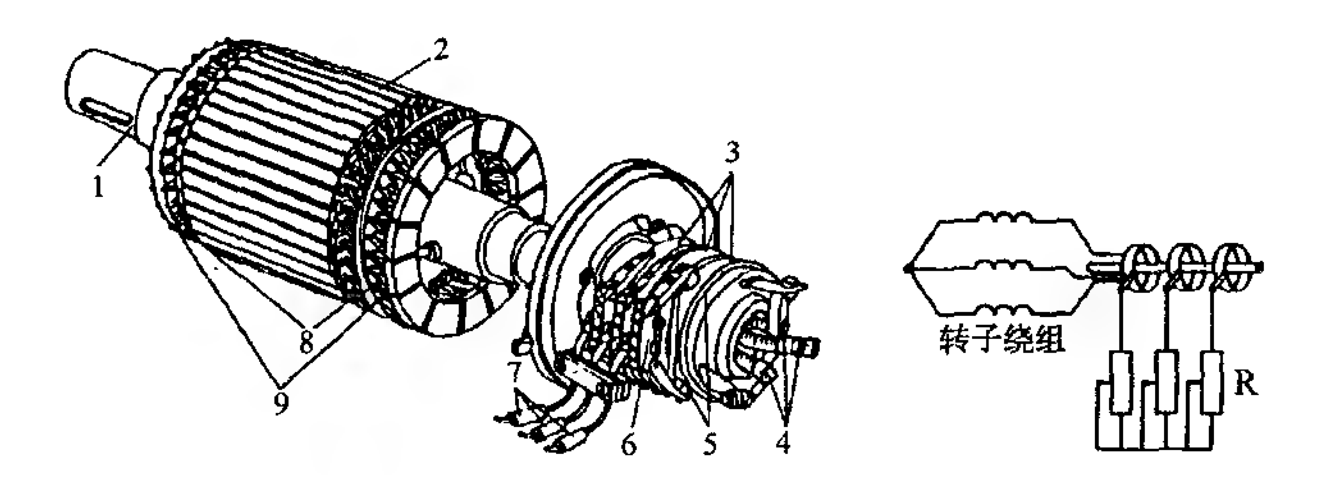


图 1-3　YR 系列线绕式转子三相异步电动机典型结构图



1—转轴;2—转子铁芯;3—集电环;4—转子绕组出线头;
5—电刷;6—刷架;7—电刷外接线;8—三相转子绕组;9—镀锌钢丝箍
图1-4　有举刷短路装置的线绕式转子结构图

1. 定子

定子主要包括机座、定子铁芯、定子绕组三部分。

(1) 机座由铸铁或铸钢制成,两头有端盖,内部装有轴承。

(2) 定子铁芯由磁导率很高的厚0.35~0.5mm的环形硅钢片叠压而成。铁芯内圆开有嵌放绕组线圈的槽。

(3) 定子绕组:中小型电机的绕组线圈采用高强度聚酯漆包圆铜线绕制,是按一定规律连接的对称的三相绕组。常用的绕组形式有:单层链式、单层叠式、双层叠式、单层交叉式和单层同心式几种。

① 单层链式。如图1-5所示,为三相24槽4极单层链式全节距绕组展开图。

② 单层叠式。如图1-6所示,为三相24槽4极单层叠式短节距绕组展开图。

③ 单层交叉式。如图1-7所示,为三相36槽4极单层交叉式绕组展开图。

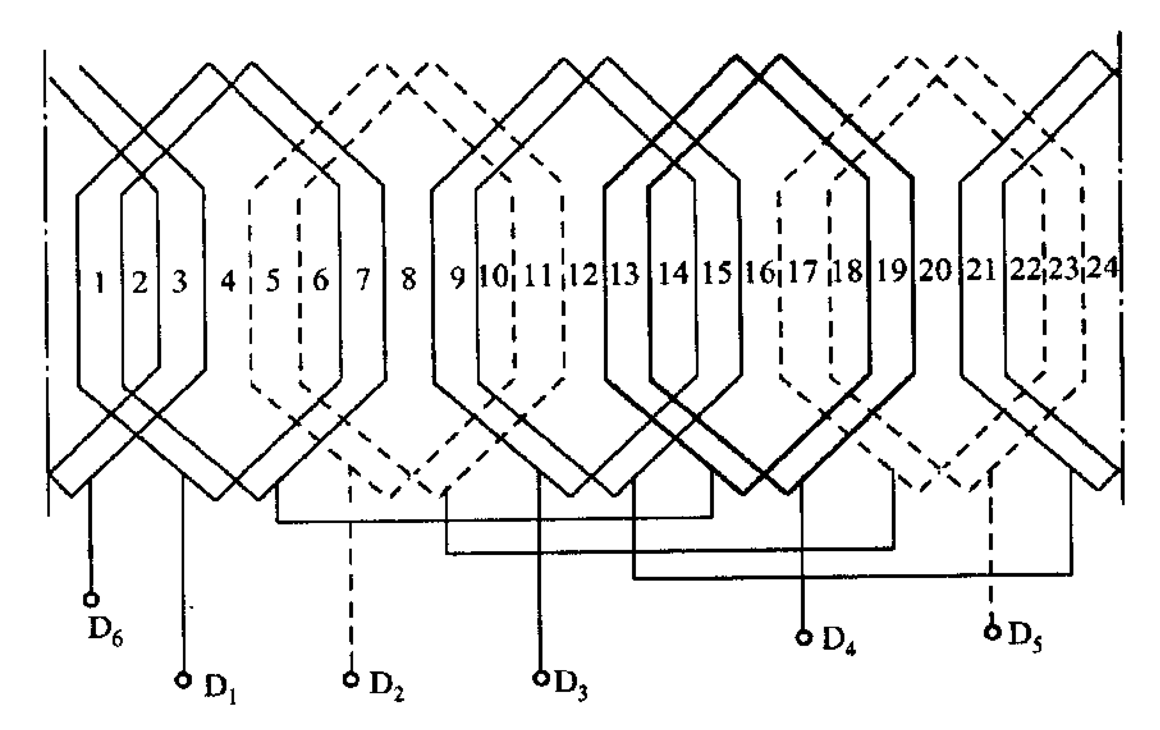


图 1-5　三相 24 槽 4 极单层链式全节距绕组展开图

图 1-6　三相 24 槽 4 极单层叠式短节距绕组展开图

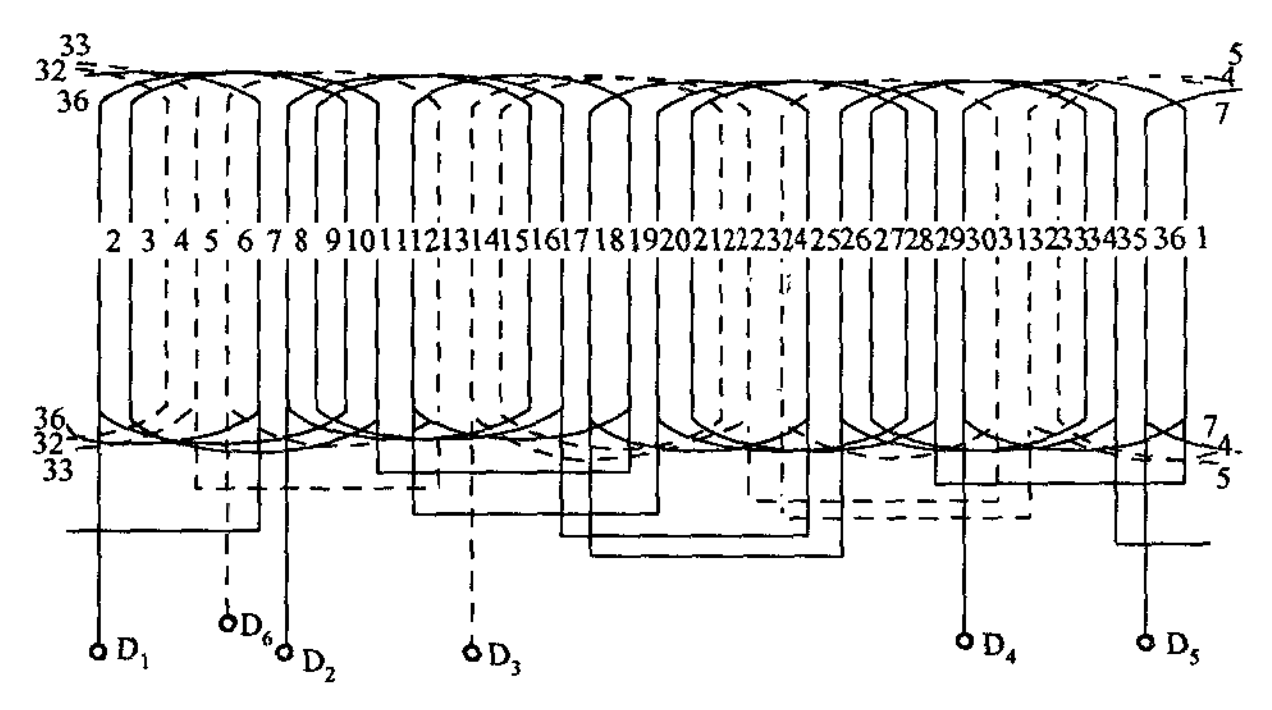


图 1-7　三相 36 槽 4 极单层交叉式绕组展开图

④ 双层叠式。如图 1-8 所示，为三相 36 槽 4 极双层双叠式短节距绕组展开图。

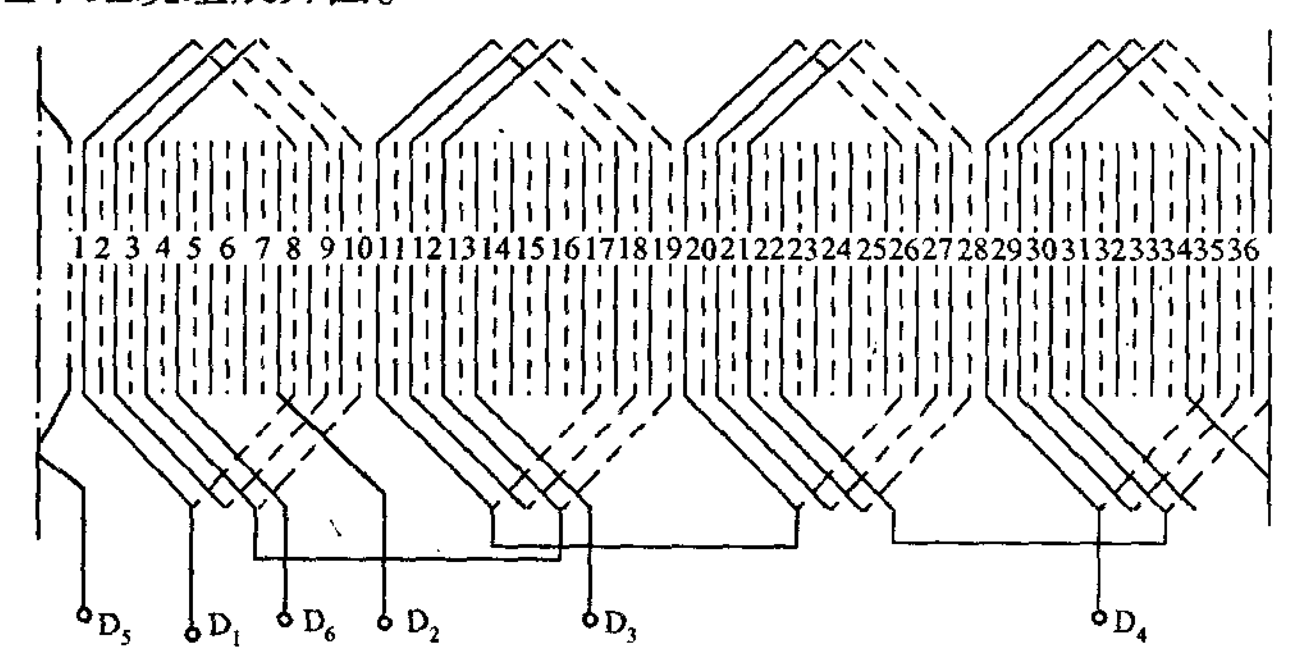


图 1-8　三相 36 槽 4 极双层双叠式短节距绕组展开图

⑤ 单层同心式。如图 1-9 所示，为三相 36 槽 4 极单层同心式绕组展开图。

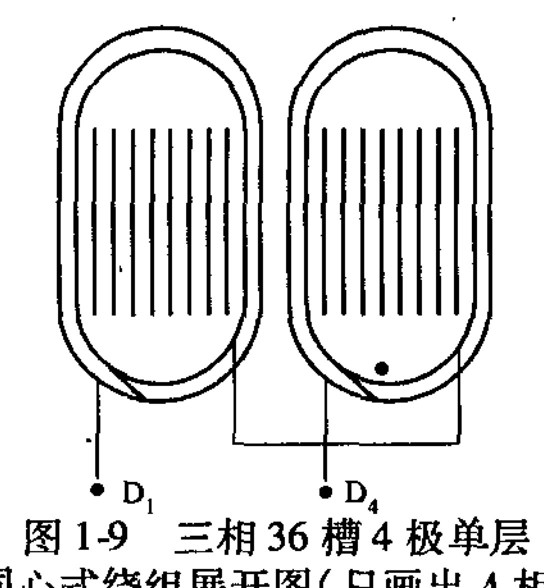


图 1-9 三相 36 槽 4 极单层
同心式绕组展开图(只画出 A 相)

2. 转子

转子由转轴、转子铁芯和转子绕组组成。

(1) 转轴用来固定转子铁芯和传递机械功率,一般用中碳钢加工而成。

(2) 转子铁芯由 0.35 ~ 0.5mm 的圆形硅钢片叠压而成,其表面开有均匀分布的槽,用来嵌放或浇铸转子绕组。

(3) 转子绕组:鼠笼形绕组采用铸铝工艺将转子绕组和风叶一次铸出。此类电动机叫鼠笼式异步电动机。

绕线式转子,是在线槽内嵌入用绝缘导线绕成的三相绕组。三相绕组一般接成星形。三个起端接到装在轴上的三个彼此绝缘的滑环上,故又称之为滑环型转子。

(4) 滑环:绕线式转子的转轴上有 3 个滑环,滑环又通过电刷与外面附加的变阻器连接,以改善电动机的启动性能和调速性能。绕线式转子的外形及接线如图 1-4 所示。

3. 端盖

端盖是用来支持转子和遮盖电动机的,一般用铸铁制成,并

用螺栓固定在机座的两端。

4. 出线盒

出线盒是用来固定定子绕组的引出线头的，一般用铸铁制成。在出线板接线柱旁边标有各相绕组起端和末端的符号，根据不同的要求，可以接成星形或三角形。如图1-10所示，为一路星形接法；如图1-11所示，为一路三角形接法；如图1-12所示，为两路并联星形接法。有些电动机只有三根引出线头，使用安装时只要接通380V的电源即可。

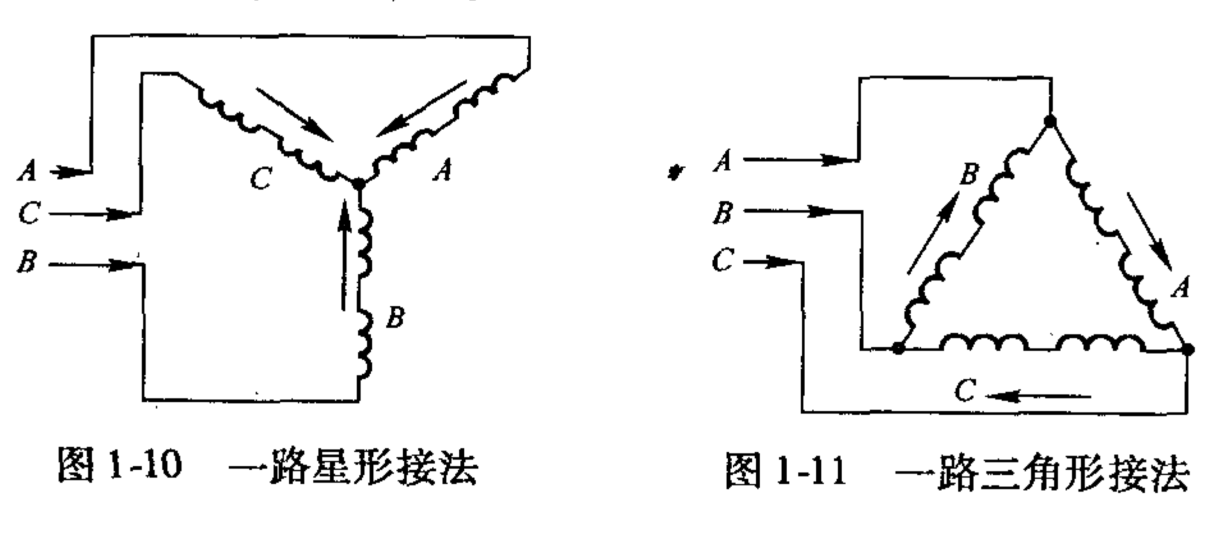


图1-10　一路星形接法　　图1-11　一路三角形接法

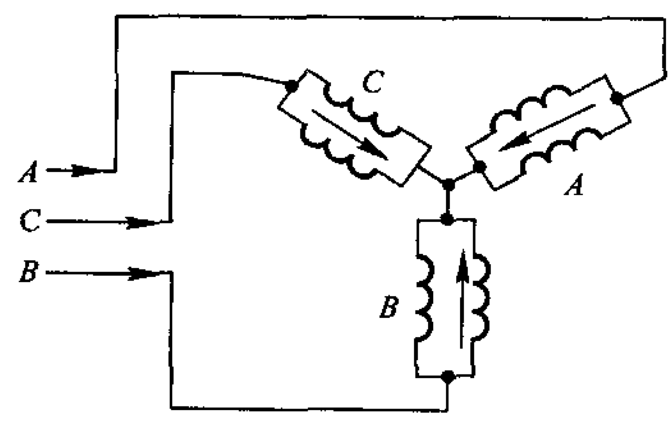


图1-12　两路并联星形接法

5. 气隙

定子与转子之间的间隙称为气隙，通常为0.2～2mm。气隙

过大,磁阻和励磁电流增大,功率因数降低;气隙过小,制造及修理的工艺难度大,转动时易发生摩擦(俗称扫膛)。

6. 铭牌

铭牌是厂家固定在设备上的金属牌,上面记录了厂家名称、出厂年月、序(编)号,以及主要技术指标如额定功率、额定电压、额定电流、频率、额定转速、绝缘等级、温升等。

1.3 三相异步电动机的主要技术数据

1.3.1 Y 系列三相异步电动机

1. Y 系列电动机的基本性能

Y 系列电动机有比 JO_2、JO_3 系列的电动机效率高、过载能力大的特点。Y 系列为铜线定子绕组,Y-L 系列为铝线定子绕组。

Y 系列电动机的防护等级为 IP44,冷却方式为自扇吹冷,绝缘等级为 B 级。它可用来驱动无特殊性能要求的各种机械设备,可在海拔不超过 1 000m,环境温度不超过 40℃的灰尘多、水土飞溅的场所连续使用,额定运行。

Y 系列电动机的功率范围是:2 级——75 ~ 90kW;4 级——0.55 ~ 90kW;6 级——0.75 ~ 55kW;8 级——2.2 ~ 45kW。额定电压为 380V/50Hz。它也可以派生出其他电压、双电压或 60Hz 的电动机。3kW 以下的电动机为星形接线,4kW 以上的电动机为三角形接线。

2. Y 系列电动机的技术数据

Y 系列电动机的技术数据如表 1-6 所示。

3. YX 系列高效率三相异步电动机的技术数据

YX 系列高效率三相异步电动机的技术数据如表 1-7 所示。

4. Y 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

(1) Y 系列(IP23)三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

Y 系列(IP23)三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据如表 1-8所示。

(2)Y 系列(IP44)三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

Y 系列(IP44)三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据如表 1-9所示。

5. J_2,JO_2,JQ_2,JO_3 系列电动机的技术数据

(1) J_2 系列电动机的技术数据如表 1-10 所示。

(2) JO_2 系列电动机的技术数据

JO_2 系列电动机的技术数据如表 1-11 所示。

(3) JQ_2 系列电动机的技术数据

JQ_2 系列电动机的技术数据如表 1-12 所示。

(4) JO_3 系列电动机的技术数据

JO_3 系列电动机的技术数据如表 1-13 所示。

6. J,JO,J_2,JO_2 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

(1) J 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

J 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据如表 1-14 所示。

(2) JO 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

JO 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据如表 1-15 所示。

(3) J_2 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

J_2 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据如表 1-16 所示。

(4) JO_2 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据

JO_2 系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据如表 1-17 所示。

表 1-6　Y 系列电动机的技术数据表

型　号	额定功率 (kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数					
2　级										
Y801-2	0.75	2 825	1.9	73	0.85	7.0	2.2	0.8	2.2	16
Y802-2	1.1	2 825	2.6	76	0.85	7.0	2.2	0.8	2.2	17
Y90S-2	1.5	2 840	3.4	79	0.85	7.0	2.2	0.8	2.2	21
Y90L-2	2.2	2 840	4.7	82	0.86	7.0	2.2	0.8	2.2	24
Y100L-2	3.0	2 880	6.4	82	0.87	7.0	2.2	0.8	2.2	32
Y112M-2	4.0	2 890	8.2	85.5	0.87	7.0	2.2	0.8	2.2	43
Y132S1-2	5.5	2 900	11.1	85.5	0.88	7.0	2.0	0.8	2.2	65
Y132S2-2	7.5	2 900	15.0	86.2	0.88	7.0	2.0	0.8	2.2	70
Y160M1-2	11	2 930	21.8	87.2	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	116
Y160M2-2	15	2 930	29.4	88.2	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	123

续表

型　号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
2　级										
Y160L-2	18.5	2 940	35.5	89	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	145
Y160M-2	22	2 950	42.2	89	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	182
Y200L1-2	30	2 950	56.9	90	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	250
Y200L2-2	37	2 950	69.8	90.5	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	262
Y225M-2	45	2 970	83.9	91.5	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	240
Y250M-2	55	2 970	102.7	91.4	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	450
Y280S-2	75	2 970	140.1	91.4	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	595
Y280M-2	90	2 970	167	92	0.89	7.0	2.0	0.8	2.2	640
4　级										
Y801-4	0.55	1 390	1.0	70.5	0.76	6.5	2.2	0.8	2.2	16

续表

型　号	额定功率 (kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数					
4　级										
Y802-4	0.75	1 390	2.1	72.6	0.76	6.5	2.2	0.8	2.2	17
Y90S-4	1.1	1 400	2.7	79	0.78	6.5	2.2	0.8	2.2	22
Y90L-4	1.5	1 400	2.7	79	0.79	6.5	2.2	0.8	2.2	25
Y100L1-4	2.2	1 420	5.0	81	0.82	7.0	2.2	0.8	2.2	33
Y100L2-4	3.0	1 420	6.8	82.5	0.81	7.0	2.2	0.8	2.2	37
Y112M-4	4.0	1 440	808	84.5	0.82	7.0	2.2	0.8	2.2	45
Y132S-4	5.5	1 440	11.6	86.5	0.84	7.0	2.2	0.8	2.2	65
Y132M-4	7.5	1 460	15.4	87	0.85	7.0	2.2	0.8	2.2	75
Y160M-4	11	1 460	22.6	88	0.84	7.0	2.2	0.8	2.2	120

续表

型号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
4级										
Y160L-4	15	1 470	30.8	88.5	0.85	7.0	2.2	0.8	2.2	140
Y180M-4	18.5	1 470	35.8	91	0.86	7.0	2.0	0.8	2.2	180
Y180L-4	22	1 470	42.5	91.5	0.85	7.0	2.0	0.8	2.2	205
Y200L-4	30	1 480	56.8	92.2	0.87	7.0	2.0	0.8	2.2	285
Y225S-4	37	1 480	68.8	91.8	0.87	7.0	1.9	0.8	2.2	320
Y225M-4	45	1 480	84.2	92.3	0.88	7.0	1.9	0.8	2.2	350
Y250M-4	55	1 480	102.5	92.6	0.88	7.0	2.0	0.8	2.2	450
Y280S-4	75	1 480	139.7	92.7	0.88	7.0	1.9	0.8	2.2	600

续表

型号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
4 级										
Y280M-4	90	1 480	164.3	93.5	0.89	7.0	1.9	0.8	2.2	640
Y315S-4	110	1 480	201.9	93	0.89	7.0	1.8	0.8	2.2	—
Y315M1-4	132	1 480	242.3	93	0.89	7.0	1.8	0.8	2.2	—
Y315M2-4	160	1 480	293.7	93	0.89	7.0	1.8	0.8	2.2	—
Y355M1-4	200	1 480	367.1	93	0.89	7.0	1.8	0.8	2.2	—
Y355M2-4	250	1 480	458.9	93	0.89	7.0	1.8	0.8	2.2	—
Y355M3-4	315	1 480	578.2	93	0.89	7.0	1.8	0.8	2.2	—
6 级										
Y90S-6	0.75	910	2.3	72.5	0.70	6.0	2.0	0.8	2.0	22

续表

型　号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
6　级										
Y90L-6	1. 1	910	3. 2	73. 5	0. 72	6. 0	2. 0	0. 8	2. 0	23
Y100L-6	1. 5	940	4. 0	77. 6	0. 74	6. 0	2. 0	0. 8	2. 0	30
Y112M-6	2. 2	940	6. 6	80. 5	0. 74	6. 0	2. 0	0. 8	2. 0	45
Y132S-6	3. 0	960	7. 2	83	0. 76	6. 5	2. 0	0. 8	2. 0	61
Y132M1-6	4. 0	960	9. 4	84	0. 77	6. 5	2. 0	0. 8	2. 0	70
Y132M2-6	5. 5	960	12. 5	85. 3	0. 78	6. 5	2. 0	0. 8	2. 0	80
Y160M-6	7. 5	970	17	86	0. 78	6. 5	2. 0	0. 8	2. 0	120
Y160L-6	11	970	24. 6	87	0. 78	6. 5	2. 0	0. 8	2. 0	140
Y180L-6	15	970	31. 4	89. 5	0. 81	6. 5	1. 8	0. 8	2. 0	195

续表

型　号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
6　级										
Y200L1-6	18.5	970	37.7	89.8	0.83	6.5	1.8	0.8	2.0	240
Y200L2-6	22	970	44.6	90.2	0.83	6.5	1.8	0.8	2.0	260
Y225M-6	30	980	59.5	90.2	0.85	6.5	1.7	0.8	2.0	330
Y250M-6	37	980	72.0	90.8	0.86	6.5	1.8	0.8	2.0	430
Y280S-6	45	980	85.4	92	0.87	6.5	1.8	0.8	2.0	555
Y280M-6	55	980	104.9	91.6	0.87	6.5	1.8	0.8	2.0	605
Y315S-6	75	980	142.4	92	0.87	7.0	1.6	0.8	2.0	—
Y315M1-6	90	980	170.8	92	0.87	7.0	1.6	0.8	2.0	—
Y315M2-6	110	980	207.7	92.5	0.87	7.0	1.6	0.8	2.0	—
Y315M3-6	132	980	249.2	92.5	0.87	7.0	1.6	0.8	2.0	—

续表

型号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
6级										
Y335M1-6	160	980	297	93	0.88	7.0	1.6	0.8	2.0	—
Y335M2-6	200	980	371.3	93	0.88	7.0	1.6	0.8	2.0	—
Y335M3-6	250	980	464.1	93	0.88	7.0	1.6	0.8	2.0	—
8级										
Y132S-8	2.2	710	5.8	81	0.71	5.5	2.0	0.8	2.0	62
Y132M-8	3.0	710	7.7	82	0.72	5.5	2.0	0.8	2.0	75
Y160M1-8	4.0	720	9.9	84	0.73	6.0	2.0	0.8	2.0	105
Y160M2-8	5.5	720	13.3	85	0.74	6.0	2.0	0.8	2.0	115
Y160L-8	7.5	720	17.7	86	0.75	5.5	2.0	0.8	2.0	145
Y180L-8	11	730	25.1	86.5	0.77	6.0	1.7	0.8	2.0	190

续表

型号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
8 级										
Y200L-8	15	730	34.1	88	0.76	6.0	1.8	0.8	2.0	253
Y225S-8	18.5	730	41.3	89.5	0.76	6.0	1.8	0.8	2.0	300
Y225M-8	22	730	47.6	90	0.78	6.0	1.8	0.8	2.0	325
Y250M-8	30	730	63	90.5	0.80	6.0	1.8	0.8	2.0	430
Y280S-8	37	740	78.2	91	0.79	6.0	1.8	0.8	2.0	555
Y280M-8	45	740	93.2	91.7	0.80	6.0	1.8	0.8	2.0	620
Y315S-8	55	740	112.1	92	0.81	6.5	1.6	0.8	2.0	—
Y315M1-8	75	740	152	92	0.81	6.5	1.6	0.8	2.0	—
Y315M2-8	90	740	180.3	92.5	0.82	6.5	1.6	0.8	2.0	—
Y315M3-8	110	740	220.3	92.5	0.82	6.5	1.6	0.8	2.0	—

续表

型号	额定功率(kW)	满载时(380V/50Hz)				堵转电流倍数	堵转转矩倍数	最小转矩倍数	最大转矩倍数	净重(kg)
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
8级										
Y335M1-8	132	740	261.2	92.5	0.83	6.5	1.6	0.8	2.0	—
Y355M2-8	160	740	316.6	92.5	0.83	6.5	1.6	0.8	2.0	—
Y355M3-8	200	740	395.9	92.5	0.83	6.5	1.6	0.8	2.0	—
10级										
Y315S-10	45	585	100.2	91	0.75	5.5	1.4	0.8	2.0	—
Y315M1-10	55	585	121.8	91.5	0.75	5.5	1.4	0.8	2.0	—
Y315M2-10	75	585	163.9	91.5	0.76	5.5	1.4	0.8	2.0	—
Y355M1-10	90	585	185.8	92	0.80	5.5	1.4	0.8	2.0	—
Y355M2-10	110	585	227	92	0.80	5.5	1.4	0.8	2.0	—
Y355M3-10	132	585	272.5	92	0.80	5.5	1.4	0.8	2.0	—

表 1-7 YX 系列高效率三

型 号	额定功率(kW)	额定电流(A)	转速(r/min)	效率(%)(输出功率/额定功率)			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
				100	75	50				
YX100L-2	3	5.9	2 880	86.5	86.8	86.3	0.89	2.0	8.0	2.2
YX112M-2	4	7.7	2 910	88.3	88.6	88				
YX132S1-2	5.5	10.6	2 920	88.6	89	88.2				
YX132S2-2	7.5	14.3		89.7	90.2	89.4				
YX160M1-2	11	20.9		90.8	91.2	90.4	0.88			
YX160M2-2	15	27.8	2 950	92	92.4	91.6	0.89			
YX160L-2	18.5	34.3				9.7				
YX180M-2	22	40.1		92.5	92.5	92.1	0.90	1.8		
YX200L1-2	20	54.5	2 960	93	93	92.7				
YX200L2-2	37	67	2 950	93.2	93.4	93				
YX225M-2	45	80.8	2 970	94	94	93.5			7.5	

相异步电动机的技术数据

定子铁芯(mm)		铁芯长度(mm)	气隙(mm)	定/转子槽数(Z_1/Z_2)	绕组形式	并联路数	节距	每槽线数	线规(根-mm)
外径	内径								
155	84	115	0.4	24/20	单层同心式	1	1～12 2～11	38	2-φ0.85
175	98	130	0.45					37	1-φ1.18
210	116	110	0.55					34	1-φ1.0 1-φ1.06
		145					1～18 2～17 3～16	26	2-φ1.18
260	150	150	0.65					20	3-φ1.25
		190		36/28				16	2-φ1.18 2-φ1.25
		215						14	4-φ1.3
290	160	205	0.8		双层叠式	2	1～14	28	2-φ1.25 1-φ1.18
327	182	200	1.0						3-φ1.4
		235						24	4-φ1.3
368	210	220	1.1					20	5-φ1.4

型　号	额定功率(kW)	额定电流(A)	转速(r/min)	效率(%)(输出功率/额定功率)			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
				100	75	50				
YX250M-2	55	99.7	2 980	94.2	94.2	93.6	0.89	1.8	7.5	2.2
YX280S-2	75	135.8	2 970		94.4	93.7				
YX280M-2	90	162.6	2 980	94.5	94.6	94	0.89			
YX100L1-4	2.2	4.7	1 440	86.3	87	86.5	0.82	2.0	8.0	
YX100L2-4	3	6.4		86.5	87.2	86.6				
YX112M-4	4	8.3	1 460	88.3	89	88.5	0.83			
YX132S-4	5.5	11.2		89.5	90.2	89.5				
YX132M-4	7.5	14.8		90.3	90.7	90.3	0.85			
YX160M-4	11	20.9	1 470	91.8	92	91.6	0.87			
YX160L-4	15	28.5			92.2	91.7				

续表

定子铁芯（mm）		铁芯长度（mm）	气隙（mm）	定/转子槽数（Z_1/Z_2）	绕组形式	并联路数	节距	每槽线数	线规（根-mm）
外径	内径								
400	225	240	1.2	42/34	双层叠式		1～17	16	5-ϕ1.5 1-ϕ1.6
445	225	245	1.5				1～16		9-ϕ1.5
		275	1.5	42/34		2	1～16	12	6-ϕ1.5 4-ϕ1.6
155	98	125	0.3		单层交叉式	1	2/1～9 1/1～8	35	1-ϕ1.18
		160						29	1-ϕ1.30
175	110	160	0.3	36/32				40	1-ϕ1.25
210	136	145	0.4					40	1-ϕ0.9 2-ϕ0.86
		180						32	2-ϕ1.18
260	170	175	0.5		单层链式			20	2-ϕ1.18 1-ϕ1.25
		215						16	1-ϕ1.12 3-ϕ1.18

型号	额定功率（kW）	额定电流（A）	转速（r/min）	效率（%）（输出功率/额定功率）			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
				100	75	50				
YX180M-4	18.5	35.2		93	93.2	92.8				
YX180L-4	22	41.7	1 480	93.2	93.5	93	0.86			
YX200L-4	30	56		93.5	93.8	93.5		1.8	7.5	
YX225S-4	37	68.9	1 490	93.8	94.2	93.7	0.87			
YX225M-4	45	83.5	1 480	94.1	94.5	94				
YX250M-4	55	100.2	1 480	94.5	94.9	94.2	0.88			
YX280S-4	75	136.7		94.7	95	94.6		1.8	7.5	2.2
YX280M-4	90	161.7	1 490	95	95.2	94.8	0.89			
YX100L-6	1.5	3.8	960	82.4	82.8	82	0.72			
YX112M-6	2.2	5.3	970	85.3	85.8	84.8	0.74			

续表

定子铁芯(mm)		铁芯长度(mm)	气隙(mm)	定/转子槽数(Z_1/Z_2)	绕组形式	并联路数	节距	每槽线数	线规(根-mm)
外径	内径								
290	187	220	0.55	48/44	双层叠式	4	1 ~11	60	3-ϕ0.95
		250						32	1-ϕ1.06 1-ϕ0.95
327	210		0.65			2		26	3-ϕ1.40
368	245	235	0.7			4	1 ~12	42	1-ϕ1.30 1-ϕ1.50
		260						38	2-ϕ1.50
400	260	260	0.8	48/44			1 ~12	34	2-ϕ1.40 1-ϕ1.30
445	300	290	0.9	60/50			1 ~14	24	4-ϕ1.30 1-ϕ1.40
		345						20	2-ϕ1.40 3-ϕ1.50
155	106	115	0.25		单层链式			50	1-ϕ0.95
175	120	130	0.3					41	1-ϕ1.18



型号	额定功率(kW)	额定电流(A)	转速(r/min)	效率(%)(输出功率/额定功率)			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
				100	75	50				
YX132S-6	3	6.9	980	87.2	87.5	86.8	0.76	2.0	7.0	2.0
YX132M1-6	3	9	970	88	88.4	87.6	0.77			
YX132M2-6	5.5	12.1		88.5	88.8	88.3	0.78			
YX160M-6	7.5	16	980	90	90.4	89.6	0.79			
YX160L-6	11	23.4		90.4	91	90.2				
YX180L-6	15	30.7		91.7	92.2	91.5	0.81			
YX200L1-6	18.5	36.9					0.83			

续表

定子铁芯(mm)		铁芯长度(mm)	气隙(mm)	定/转子槽数(Z_1/Z_2)	绕组形式	并联路数	节距	每槽线数	线规(根-mm)
外径	内径								
210	148	125	0.35	36/33	单层链式	1	1~6	35	1-ϕ1.0 1-ϕ0.95
		150						49	2-ϕ0.85
		195						38	2-ϕ0.95
260	180	165	0.4	54/44			1~9	24	1-ϕ1.25 1-ϕ1.30
		220						18	2-ϕ1.18 1-ϕ1.25
290	205	235	0.45			3		48	2-ϕ0.95
		215						24	2-ϕ1.0

型　号	额定功率(kW)	额定电流(A)	转速(r/min)	效率(%)(输出功率/额定功率)			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
				100	75	50				
YX200L1-6	18.5	36.9		91.7	92.2	91.5	0.83			
YX200L2-6	22	43.2		92.1	92.5	91.8	0.84			
YX225M-6	30	57.7		93	93.4	92.8	0.85	1.8		
YX250M-6	37	70.8		93.4	93.8	93.2				
YX280S-6	45	84	990	93.6	94	93.4	0.87			
YX280M-6	55	102.4		93.8	94.2	93.6				

续表

<table>
<tr><th colspan="2">定子铁芯
(mm)</th><th rowspan="2">铁芯
长度
(mm)</th><th rowspan="2">气隙
(mm)</th><th rowspan="2">定/转子
槽数
(Z_1/Z_2)</th><th rowspan="2">绕组
形式</th><th rowspan="2">并联
路数</th><th rowspan="2">节 距</th><th rowspan="2">每槽
线数</th><th rowspan="2">线规
(根-mm)</th></tr>
<tr><th>外径</th><th>内径</th></tr>
<tr><td rowspan="2">327</td><td rowspan="2">230</td><td>215</td><td rowspan="2">0.5</td><td rowspan="6">72/58</td><td rowspan="6">双层叠式</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="6">1～12</td><td>24</td><td>1-φ1.06</td></tr>
<tr><td>225</td><td>22</td><td>2-φ1.0
1-φ1.18</td></tr>
<tr><td>368</td><td>260</td><td>240</td><td>0.5</td><td rowspan="4">3</td><td>28</td><td>2-φ1.18
1-φ1.06</td></tr>
<tr><td>400</td><td>285</td><td rowspan="2">235</td><td>0.55</td><td>30</td><td>3-φ1.25</td></tr>
<tr><td rowspan="2">445</td><td rowspan="2">325</td><td rowspan="2">0.65</td><td>24</td><td>3-φ1.18
1-φ1.25</td></tr>
<tr><td>280</td><td>20</td><td>2-φ1.25
1-φ1.60</td></tr>
</table>

表 1-8 Y 系列(IP23)三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据(电压 380V)

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y160M-2	1△	15	29	290	160	100	36/28	0.8	双层叠式	2-ϕ1.06 1-ϕ1.12	24	1~14	383
Y160L1-2	1△	18.5	36	290	160	125	36/28	0.8		1-ϕ1.4 1-ϕ1.5	20	1~14	408
Y16012-2	1△	22	42	290	160	135	36/28	0.8		1-ϕ1.5 1-ϕ1.6	18	1~14	418
Y160M-4	2△	11	23	290	187	100	48/44	0.55		1-ϕ1.18	54	1~11	298
Y160L1-4	2△	15	30	290	187	130	48/44	0.55		1-ϕ1.3	42	1~11	328
Y160L2-4	2△	18.5	37	290	187	150	48/44	0.55		1-ϕ1.4 1-ϕ1.5	18	1~11	348
Y160M-6	1△	7.5	17	290	205	95	54/44	0.45		1-ϕ1.4	32	1~9	256

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y160L-6	1△	11	25	290	205	125	54/44	0.45	双层叠式	2-φ1.18 1-φ1.3	24	1~9	286
Y160M-8	1△	5.5	14	290	205	95	54/50	0.45		1-φ1.0	42	1~7	226
Y160L-8	2△	7.5	18	290	205	125	54/50	0.45		1-φ1.06	32	1~7	256
Y180M-2	2△	30	57	327	182	135	36/28	1.0		2-φ1.3	32	1~14	418
Y180L-2	2△	37	70	327	182	160	36/28	1.0		2-φ1.4	27	1~14	450
Y180M-4	2△	22	43	327	210	137	48/44	0.65		2-φ1.12	36	1~11	354
Y180L-4	2△	30	58	327	210	175	48/44	0.65		2-φ1.3	32	1~11	394
Y180M-6	2△	15	32	327	230	125	54/44	0.50		1-φ1.4	44	1~9	300
Y180L-6	2△	18.5	38	327	230	155	54/44	0.5		2-φ1.06	36	1~9	330
Y180M-8	2△	11	26	327	230	125	54/44	0.5		2-φ0.9	56	1~9	267

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y180L-8	2△	15	34	368	230	155	54/44	0.5	双层叠式	2-ϕ1.0	44	1~9	297
Y200M-2	2△	45	84	368	210	155	36/28	1.1		2-ϕ1.25 2-ϕ1.3	24	1~14	504
Y200L-2	2△	55	103	368	210	185	36/28	1.1		3-ϕ1.4	21	1~14	534
Y200M-4	2△	37	71	368	245	155	48/44	0.7		1-ϕ1.12 2-ϕ1.18	26	1~11	398
Y200L-4	2△	45	86	368	245	185	48/44	0.7		3-ϕ1.3	22	1~11	428
Y200M-6	2△	22	44	368	260	135	54/44	0.5		2-ϕ1.18	36	1~9	326
Y200L-6	2△	30	59	368	260	165	54/44	0.5		1-ϕ1.3 1-ϕ1.4	30	1~9	356
Y200M-8	2△	18.5	41	368	260	135	54/50	0.5		1-ϕ1.6	44	1~7	289

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y200L-8	2△	22	48	368	260	165	54/50	0.5	双层叠式	2-φ1.25	36	1～7	318
Y225M-2	2△	75	140	400	225	185	36/28	1.2		3-φ1.6	18	1～14	563
Y225M-4	4△	55	104	400	260	185	48/44	0.8		1-φ1.25 1-φ1.3	40	1～12	471
Y225M-6	3△	37	71	400	285	175	72/58	0.55		1-φ1.18 1-φ1.25	30	1～12	398
Y225M-8	4△	30	63	400	285	175	72/58	0.55		1-φ1.4	50	1～9	351
Y250S-2	2△	90	167	445	225	170	42/34	1.5		2-φ1.3 3-φ1.4	6	1～16	594
Y250M-2	2△	110	201	445	225	195	42/34	1.5		4-φ1.5 1-φ1.6	4	1～16	619

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y250S-4	2△	75	141	445	300	185	60/50	0.9	双层叠式	2-ϕ1.25 3-ϕ1.3	14	1～14	489
Y250M-4	2△	90	168	445	300	215	60/50	0.9		4-ϕ1.25 2-ϕ1.3	12	1～14	519
Y250S-6	3△	45	87	445	325	165	72/58	0.65		2-ϕ1.4	28	1～12	408
Y250M-6	3△	55	106	445	325	195	72/58	0.65		4-ϕ1.06	24	1～12	438
Y250S-8	4△	37	78	445	325	165	72/58	0.65		1-ϕ1.06 1-ϕ1.12	46	1～9	355
Y250M-8	4△	45	94	445	325	195	72/58	0.65		1-ϕ1.18 1-ϕ1.25	38	1～9	385
Y280M-2	2△	132	241	493	280	200	42/34	1.6		6-ϕ1.5	12	1～16	651

续表

型 号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y280S-4	4△	110	205	493	330	200	60/50	1.0	双层叠式	4-ϕ1.25	4	1~14	533
Y280M-4	4△	132	245	493	330	240	60/50	1.0		4-ϕ1.4	20	1~14	573
Y280S-6	3△	75	143	493	360	185	72/58	0.7		3-ϕ1.4	22	1~12	448
Y280M-6	3△	90	169	493	360	340	72/58	0.7		3-ϕ1.5	18	1~12	503
Y280S-8	4△	55	115	493	360	185	72/58	0.7		1-ϕ1.3 1-ϕ1.4	36	1~9	390
Y280M-8	4△	75	154	493	360	240	72/58	0.7		1-ϕ1.5 1-ϕ1.6	28	1~9	445

注:① IP23 表示电动机外壳的防护等级。

② 型号中的 S 表示短机座,M 表示中机座,L 表示长机座。

表 1-9　Y 系列(IP44)三相异步电动机铁芯、绕组的技术数据(电压 380V)

型　号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y801-2	1Y	0.75	18	120	67	65	18/16	0.3	单层交叉	1-φ1.6	111	1~9 2~10 18~11	219.7
Y802-2	1Y	1.1	2.5	120	67	80	18/16	0.3	单层交叉	1-φ0.71	90		234.7
Y801-4	1Y	0.55	1.5	120	75	65	24/22	0.25	单层链式	1-φ0.56	128	1~6	257.2
Y802-4	1Y	0.75	2.0	120	75	80	24/22	0.25	单层链式	1-φ0.63	103	1~6	297.2
Y90S-2	1Y	1.5	3.4	130	72	80	18/16	0.35	单层交叉	1-φ0.8	77	1~9 2~10 18~11	243.3
Y90L-2	1Y	2.2	4.7	130	72	110	18/16	0.35	单层交叉	1-φ0.95	58		273.3
Y90S-4	1Y	1.1	2.8	130	80	90	24/22	0.25	单层交叉	1-φ0.71	81	1~6	191.7
Y90L-4	1Y	1.5	3.7	130	80	120	24/22	0.25	单层链式	1-φ0.8	63	1~6	221.7
Y90S-6	1Y	0.75	2.3	130	86	100	36/33	0.25	单层链式	1-φ0.67	77	1~6	183.1
Y90L-6	1Y	11	3.2	130	86	125	36/33	0.25	单层链式	1-φ0.75	60	1~6	208

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y100L-2	1Y	3.0	6.4	155	94	100	24/20	0.4	单层同心	1-ϕ1.18	40	1~12 2~11	218.6
Y100L1-4 Y100L2-4	1Y 1Y	2.2 3.0	5.0 6.8	155 155	98 98	105 135	36/32 36/32	0.3 0.3	单层交叉 单层交叉	2-ϕ0.71 1-ϕ1.18	41 31	1~9 2~10 18~11	224.2 254.2
Y100L-6	1Y	1.5	4.0	155	106	100	36/33	0.25	单层链式	1-ϕ0.85	53	1~6	193.9
Y112M-2	1△	4.0	8.2	175	98	105	30/26	0.45	单层同心	1-ϕ1.06	48	1~16 2~15 3~14 17~30 18~29	306.9

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y112M-4	1Y	4.0	8.8	175	110	135	36/32	0.3	单层交叉	1-φ1.06	46	1～9 2～10 18～11	264.8
Y112M-6	1Y	2.2	5.6	175	120	110	36/33	0.3	单层链式	1-φ1.06	44	1～6	212.2
Y132S1-2	1△	5.5	11	210	116	105	30/26	0.55	单层同心	1-φ0.9 1-φ0.95	44	1～16 2～15 3～14 17～30 18～29	342.5 362.5
Y132S2-2	1△	7.5	15	210	116	125	30/26	0.55	单层同心	1-φ1.0 1-φ1.06	37		
Y132S-4 Y132M-4	1△ 1△	5.5 7.5	12 15	210 210	136 136	115 160	36/32 36/32	0.4 0.4	单层交叉 单层交叉	1-φ0.9 1-φ0.95 2-φ1.06	47 35	1～9 2～10 18～11	267.2 312.2

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y132S-6	1Y	3.0	7.2	210	148	110	36/33	0.4	单层链式	1-φ0.85 1-φ0.9	38	1～6	227.2
Y132M1-6	1△	4.0	9.4	210	148	140	36/33	0.4	单层链式	1-φ1.06	52	1～6	257.2
Y132M-6	1△	5.5	13	210	148	180	36/33	0.35	单层链式	1-φ1.25	42	1～6	297.2
Y132S-8	1Y	2.2	5.8	210	148	110	48/44	0.35	单层链式	1-φ1.12	38	1～6	208.6
Y132M-8	1Y	3.0	7.7	210	148	140	48/44	0.35	单层链式	1-φ1.3	30	1～6	238.6
Y160M1-2	1△	11	22	260	150	125	30/26	0.65	单层同心	1-φ1.18 2-φ1.25	28	1～16 2～15	415.2
Y160M1-2	1△	15	29	260	150	155	30/26	0.65	单层同心	2-φ1.12 2-φ1.18	23	3～14 17～30	445.2
Y160L-2	1△	18.5	36	260	150	195	30/26	0.65	单层同心	3-φ1.12 2-φ1.18	19	18～29	485.2

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y160M-4	2△	11	23	260	170	155	36/26	0.5	单层交叉	1-φ1.3	56	1～9 2～10 18～11	334.9
Y160L-4	1△	15	30	260	170	195	36/26	0.5	单层交叉	2-φ1.12 1-φ1.18	22	1～9 2～10 8～11	374.9
Y160M-6	1△	7.5	17	260	180	145	36/33	0.4	单层链式	2-φ1.12	38	1～6	281.7
Y160L-6	1△	11	25	260	180	195	36/33	0.4		4-φ0.95	28	1～6	331.7
Y160M1-8	1△	4.0	9.9	260	180	110	48/44	0.4		1-φ1.25	49	1～6	223.7
Y160M2-8	1△	5.5	13	260	180	145	48/44	0.4		2-φ1.0	39	1～6	258.7

续表

型 号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y160L-8	1△	7.5	18	260	180	195	48/44	0.4	单层链式	1-φ1.12 1-φ1.18	30	1~6	308.7
Y180M-2	1△	22	42	290	180	175	36/28	0.8		2-φ1.3 2-φ1.4	16	1~14	474.5
Y180M-4	2△	18.5	36	290	187	190	48/44	0.55	双层叠式	2-φ1.18	32	1~11	395.5
Y180L-4	2△	22	43	290	187	220	48/44	0.55		2-φ1.3	38	1~11	425.5
Y180L-6	2△	15	31	290	205	200	54/44	0.45		1-φ1.5	34	1~9	363.3
Y180L-8	2△	11	25	290	205	200	54/58	0.45		2-φ0.9	46	1~7	332.5
Y200L1-2	2△	30	57	327	182	180	36/28	1.0		2-φ1.12 2-φ1.18	28	1~14	515.8

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y200L2-2	2△	37	70	327	182	210	36/28	1.0	双层叠式	1-φ1.4 1-φ1.5	24	1～14	545.8
Y200L-4	4△	30	57	327	210	230	48/44	0.65		1-φ1.06 1-φ1.4	48	1～11	456
Y200L1-6	2△	18.5	38	327	210	195	54/44	0.65		1-φ1.12 1-φ1.18	32	1～9	370.4
Y200L2-6	2△	22	45	327	230	220	54/44	0.5		2-φ1.25	28	1～9	395.4
Y200L-8	2△	15	34	327	230	195	54/58	0.5		1-φ1.06 1-φ1.12	38	1～7	336.6
Y225M-2	2△	45	84	368	210	210	36/28	1.1		3-φ1.4 1-φ1.5	22	1～14	595

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y225S-4	4△	37	70	368	245	200	48/44	0.7	双层叠式	2-φ1.25 1-φ1.3 1-φ1.4	46	1～12	475.7
Y225M-4	4△	45	84	368	245	235	48/44	0.7	双层叠式		40	1～12	510.7
Y225M-6	2△	30	60	368	260	210	54/44	0.5	双层叠式	1-φ1.3 1-φ1.4	26	1～9	408.4
Y225S-8	2△	18.5	41	368	260	170	54/58	0.5	双层叠式	1-φ1.3	38	1～7	328.8
Y225M-8	2△	22	48	368	260	210	54/58	0.5	双层叠式	2-φ1.4	32	1～7	368.8
Y250M-2	2△	55	103	400	225	195	36/28	1.2	双层叠式	6-φ1.4	20	1～14	614.5
Y250M-4	2△	55	103	400	260	140	48/44	0.8	双层叠式	3-φ1.3	36	1～12	537.6
Y250M-6	3△	37	72	400	285	225	72/58	0.55	双层叠式	1-φ1.12 2-φ1.18	28	1～12	454.1

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y250M-8	2△	30	63	400	285	225	72/58	0.58	双层叠式	3-ϕ1.3	22	1~9	405
Y280S-2	2△	75	140	445	255	225	42/34	1.5		7-ϕ1.5	14	1~16	617.6
Y280M-2	2△	90	167	445	255	260	42/34	1.5		8-ϕ1.5	12	1~16	706.6
Y280S-4	4△	75	140	445	300	240	60/50	0.9		2-ϕ1.25 2-ϕ1.30	26	1~14	564.8
Y280M-4	4△	90	164	445	300	325	60/50	0.9		5-ϕ1.3	20	1~14	649.8
Y280S-6	3△	45	85	445	325	215	72/58	0.65		2-ϕ1.3 1-ϕ1.4	26	1~12	468.1
Y280M-6	3△	55	104	445	325	260	72/58	0.65		1-ϕ1.4 2-ϕ1.5	22	1~12	513.1

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y280S-8	4△	37	78	445	325	215	72/58	0.65	双层叠式	2-ϕ1.3	40	1～12	412.7
Y280M-8	4△	45	93	445	325	260	72/58	0.65		1-ϕ1.5 1-ϕ1.4	34	1～12	457.7
Y315S-2	2△	110	200	520	300	290	48/40	1.8		10-ϕ1.5 4-ϕ1.6	9	1～18	
Y315M1-2	2△	132	237	520	300	340	48/40	1.8		5-ϕ1.4 12-ϕ1.5	8	1～18	
Y315M2-2	2△	160	286	520	300	380	48/40	1.8		17-ϕ1.6	7	1～18	
Y315S-4	4△	110	201	520	350	300	72/64	1.1		3-ϕ1.3 4-ϕ1.4	16	1～17	

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y315M1-4	4△	132	241	520	350	350	72/64	1.1	双层叠式	3-φ1.3 4-φ1.4	14	1~17	
Y315M2-4	4△	160	291	520	350	400	72/64	1.1		2-φ1.4 6-φ1.5	12	1~17	
Y315S-6	6△	75	141	520	375	300	72/58	0.8		1-φ1.4 2-φ1.5	34	1~11	
Y315M1-6	6△	90	168	520	375	350	72/58	0.8		1-φ1.5 2-φ1.6	30	1~11	
Y315M2-6	6△	110	204	520	375	400	72/58	0.8		1-φ1.4 3-φ1.5	25	1~11	
Y315M3-6	6△	132	245	520	375	455	72/58	0.8		1-φ1.5 3-φ1.6	22	1~11	
Y315S-8	2△	55	111	520	390	300	72/58	0.8		7-φ1.5	14	1~9	

续表

型号	接法	功率(kW)	电流(A)	定子铁芯(mm)			定/转子槽数(Z_1/Z_2)	气隙(mm)	定子绕组				
				外径	内径	长度			绕组形式	线规(根-mm)	线圈匝数	线圈节距	平均半匝长(mm)
Y315M1-8	8△	75	150	520	390	350	72/58	0.8	双层叠式	1-φ1.5 1-φ1.6	46	1~9	
Y315M2-8	4△	90	179	520	390	400	72/58	0.8		4-φ1.3 2-φ1.4	20	1~9	
Y315M3-8	8△	110	219	520	390	455	72/58	0.8		1-φ1.4 2-φ1.5	34	1~9	
Y315S-10	10△	45	99	520	390	300	90/72	0.8		1-φ1.12 1-φ1.18	66	1~9	
Y315M1-10	10△	55	120	520	390	400	90/72	0.8		2-φ1.3	52	1~9	
Y315M3-10	5△	75	161	520	390	455	90/72	0.8		2-φ1.4 2-φ1.5	32	1~9	

表 1-10　J_2 系列三相异步电动机的技术数据

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速 3 000r/min(2 级)										
J_2-61-2	17	380	2 910	32.5	88.5	0.90	7	1.2	2.2	131
J_2-62-2	22	380	2 920	41.7	89	0.90	7	1.2	2.2	142
J_2-71-2	30	380	2 940	56.2	89.2	0.91	7	1.1	2.2	197
J_2-72-2	40	380	2 940	73.9	90.5	0.91	6.5	1.1	2.2	220
J_2-81-2	55	380	2 950	99.8	91	0.92	6.5	1	2.2	300
J_2-82-2	75	380	2 960	135	91.5	0.92	6.5	1	2.2	340
J_2-91-2	100	380	2960	179.6	92	0.92	6.5	1	2.2	—
J_2-92-2	125	380	2 960	223.3	92.5	0.92	6.5	1	2.2	—
同步转速 1 500r/min(4 级)										
J_2-61-4	13	380	1 460	25.5	88	0.88	7	1.2	2	131
J_2-62-4	17	380	1 460	33	89	0.88	7	1.2	2	145

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速 1 500r/min(4 级)										
J_2-71-4	22	380	1 460	42.5	89.5	0.88	7	1.1	2	200
J_2-72-4	30	380	1 460	57.6	90	0.88	7	1.1	2	225
J_2-81-4	40	380	1 470	75	91	0.89	6.5	1.1	2	310
J_2-82-4	55	380	1 470	103	91.5	0.89	6.5	1.1	2	350
J_2-91-4	75	380	1 470	137.5	92	0.90	6.5	1	2	467
J_2-92-4	100	380	1 470	182.4	92.5	0.90	6.5	1	2	515
同步转速 1 000r/min(6 级)										
J_2-61-6	10	380	960	21.4	86.5	0.82	6.5	1.2	1.8	129
J_2-62-6	13	380	960	27.4	87	0.83	6.5	1.2	1.8	142
J_2-71-6	17	380	970	35	88	0.84	6.5	1.2	1.8	190

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速 1 000r/min(6 级)										
J_2-72-6	22	380	970	44.4	88.5	0.85	6.5	1.2	1.8	212
J_2-81-6	30	380	970	59.3	89.5	0.86	6.5	1.2	1.8	305
J_2-82-6	40	380	970	77.4	90.5	0.87	6.5	1.2	1.8	348
J_2-91-6	55	380	980	104	91.5	0.88	6.5	1	1.8	492
J_2-92-6	75	380	980	139.5	92	0.89	6.5	1	1.8	590
同步转速 750r/min(8 级)										
J_2-61-8	7.5	380	720	17.1	85.5	0.78	5.5	1.1	1.8	128
J_2-62-8	10	380	720	22.1	86	0.80	5.5	1.1	1.8	142
J_2-71-8	13	380	720	28	87	0.81	5.5	1.1	1.8	192
J_2-72-8	17	380	720	36	87.5	0.82	5.5	1.1	1.8	212

续表

型　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速 750r/min(8 级)										
J_2-81-8	22	380	730	46	88.5	0.82	55	1.1	1.8	305
J_2-82-8	30	380	730	61.6	89	0.83	5.5	1.1	1.8	348
J_2-91-8	40	380	730	80.3	90	0.84	5.5	1.1	1.8	490
J_2-92-8	55	380	730	109.5	91	0.84	5.5	1.1	1.8	592
同步转速 600r/min(10 级)										
J_2-81-10	17	380	580	39	87	0.76	5.5	1.1	1.8	304
J_2-82-10	22	380	580	49.3	88	0.77	5.5	1.1	1.8	348
J_2-91-10	30	380	580	66.1	88.5	0.78	5.5	1	1.8	495
J_2-92-10	40	380	580	87.2	89.5	0.78	5.5	1	1.4	580

表 1-11　JO_2 系列三相异步电动机的技术数据

型　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速 3 000r/min(2 级)										
JO_2-11-2	0.8	380	2 810	1.84	77.5	0.85	7.0	1.8	2.2	18
JO_2-12-2	1.1	380	2 810	2.44	79.5	0.86	7.0	1.8	2.2	20
JO_2-21-2	1.5	380	2 860	3.22	81	0.87	7.0	1.8	2.2	27
JO_2-22-2	2.2	380	2 860	4.64	82.5	0.87	7.0	1.8	2.2	31
JO_2-31-2	3.0	220/380	2 860	10.7/6.17	84	0.88	7.0	1.8	2.2	41
JO_2-32-2	4.0	380	2 860	8.06	85.5	0.88	7.0	1.8	2.2	47
JO_2-41-2	5.5	380	2 920	10.9	86.5	0.88	7.0	1.6	2.2	65
JO_2-42-2	7.5	380	2 920	14.8	87.5	0.88	7.0	1.8	2.2	72
JO_2-51-2	10	380	2 920	19.7	87.5	0.88	7.0	1.4	2.2	100
JO_2-52-2	13	380	2 920	25.5	88	0.88	7.0	1.4	2.2	112

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速3 000r/min(2级)										
JO_2-61-2	17	380	2 940	32.4	88.5	0.90	7.0	1.3	2.2	146
JO_2-71-2	22	380	2 940	42.0	88.5	0.90	7.0	1.2	2.2	228
JO_2-72-2	30	380	2 940	56.0	89.5	0.91	7.0	1.2	2.2	259
JO_2-81-2	40	380	2 950	74.3	90	0.91	6.5	1.2	2.2	420
JO_2-82-2	55	380	2 950	101	90	0.92	6.5	1.2	2.2	—
JO_2-91-2	75	380	2 950	136.2	91	0.92	6.5	1.1	2.2	—
JO_2-92-2	100	380	2 950	181	92	0.92	6.5	1.1	2.6	650
同步转速1 500r/min(4级)										
JO_2-11-4	0.6	380	1 380	1.62	74.0	0.76	7.0	1.8	2.0	19
JO_2-12-4	0.8	380	1 380	2.06	76.5	0.77	7.0	1.8	2.0	21

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速 1 500r/min(4 级)										
JO_2-21-4	1.1	380	1 410	2.68	79	0.79	7.0	1.8	2.0	27
JO_2-22-4	1.5	380	1 410	3.49	80.5	0.81	7.0	1.8	2.0	32
JO_2-31-4	2.2	220/380	1 430	8.5/4.90	82	0.83	7.0	1.8	2.0	40
JO_2-32-4	3.0	220/380	1 430	11.25/6.50	83.5	0.84	7.0	1.8	2.0	47
JO_2-41-4	4.0	380	1 440	8.40	85	0.85	7.0	1.8	2.0	63
JO_2-42-4	5.5	380	1 440	11.3	86	0.86	7.0	1.8	2.0	74
JO_2-51-4	7.5	380	1 450	15.1	87	0.87	7.0	1.4	2.0	97
JO_2-52-4	10	380	1 450	20.0	87.5	0.87	7.0	1.4	2.0	112
JO_2-61-4	13	380	1 460	25.6	88	0.88	7.0	1.3	2.0	150

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速1 500r/min(4级)										
JO_2-61-4	17	380	1 460	32.9	89	0.88	7.0	1.3	2.0	158
JO_2-71-4	22	380	1 470	42.5	89.5	0.88	7.0	1.2	2.0	235
JO_2-72-4	30	380	1 470	57.6	90	0.88	7.0	1.2	2.0	272
JO_2-81-4	40	380	1 470	75	91	0.89	6.5	1.2	2.0	425
JO_2-82-4	55	380	1 470	102.6	91.5	0.89	6.5	1.2	2.0	—
JO_2-91-4	75	380	1 470	137.7	93	0.89	6.5	1.1	2.0	—
JO_2-92-4	100	380	1 470	184	92	0.90	6.5	1.1	2.0	670
同步转速1 000r/min(6级)										
JO_2-21-6	0.8	380	930	2.31	75	0.70	6.5	1.8	1.8	27
JO_2-22-6	1.1	380	930	3.01	77	0.72	6.5	1.8	1.8	31



续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速1 000r/min(6级)										
JO_2-31-6	1.5	220/380	940	6.8/3.92	78.5	0.74	6.5	1.8	1.8	40
JO_2-32-6	2.2	220/380	940	9.46/5.46	80.5	0.76	6.5	1.8	1.8	46
JO_2-41-6	3.0	220/380	960	12.25/7.07	82.5	0.78	6.5	1.8	1.8	63
JO_2-42-6	4.0	380	960	9.15	84	0.79	6.5	1.8	1.8	71
JO_2-51-6	5.5	380	960	12.3	85	0.80	6.5	1.4	1.8	97
JO_2-52-6	7.5	380	960	16.3	86	0.81	6.5	1.4	1.8	112
JO_2-61-6	10	380	970	21.3	87	0.82	6.5	1.4	1.8	148
JO_2-62-6	13	380	970	27.2	87.5	0.83	6.5	1.4	1.8	160
JO_2-71-6	17	380	970	34.8	88.5	0.84	6.5	1.4	1.8	236

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速1 000r/min(6级)										
JO_2-72-6	22	380	970	44.3	89	0.85	6.5	1.4	1.8	272
JO_2-81-6	30	380	970	59.3	89.5	0.86	6.5	1.4	1.8	370
JO_2-82-6	40	380	970	77.4	90.5	0.87	6.5	1.4	1.8	425
JO_2-91-6	55	380	970	104	91.5	0.88	6.5	1.2	1.8	594
JO_2-92-6	75	380	970	139.5	92	0.89	6.5	1.2	1.8	700
同步转速750r/min(8级)										
JO_2-21-8	0.6	220/380	670	3.55/2.05	—	—	5.5	1.5	1.8	27
JO_2-22-8	0.8	220/380	700	4.47/2.58	—	—	5.5	1.5	1.8	31
JO_2-31-8	1.1	220/380	700	5.76/3.34	65	0.65	5.5	1.5	1.8	40

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速750r/min(8级)										
JO_2-32-8	1.5	220/380	700	2.70/4.45	74	0.62	5.5	1.5	1.8	46
JO_2-41-8	2.2	220/380	720	10.58/6.1	80.5	0.68	5.5	1.8	1.8	62
JO_2-42-8	3.0	220/380	720	13.68/7.89	82.5	0.72	5.5	1.8	1.8	70
JO_2-51-8	4.0	380	720	9.64	84	0.75	5.5	1.5	1.8	98
JO_2-52-8	5.5	380	720	12.8	85	0.77	5.5	1.5	1.8	110
JO_2-61-8	7.5	380	720	17.0	86	0.78	5.5	1.3	1.8	148
JO_2-62-8	10	380	720	21.8	87	0.80	5.5	1.3	1.8	160
JO_2-71-8	13	380	720	27.9	87.5	0.81	5.5	1.3	1.8	232

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	自重(kg)
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)				
同步转速750r/min(8级)										
JO_2-72-8	17	380	720	35.8	88	0.82	5.5	1.3	1.8	252
JO_2-81-8	22	380	730	46.0	88.5	0.82	5.5	1.3	1.8	365
JO_2-82-8	30	380	730	61.6	89	0.83	5.5	1.3	1.8	425
JO_2-91-8	40	380	730	80.3	90	0.84	5.5	1.3	1.8	592
JO_2-92-8	55	380	730	109.5	91	0.84	5.5	1.3	1.8	700
同步转速600r/min(10级)										
JO_2-81-10	17	380	580	38.4	87.5	0.76	5.5	1.2	1.8	372
JO_2-82-10	22	380	580	49.3	88	0.77	5.5	1.2	1.8	425
JO_2-91-10	30	380	580	66.1	88.5	0.78	5.5	1.2	1.8	592
JO_2-92-10	40	380	580	87.2	89.5	0.78	5.5	1.2	1.8	680

表 1-12　JQ_2 系列三相异步电动机的技术数据

型　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速 1 500r/min(4 级)									
JQ_2-61-4	13	380	1 460	26.1	87.5	0.86	7.0	2.0	2.0
JQ_2-62-4	17	380	1 460	33.3	88.0	0.87	7.0	2.0	2.0
JQ_2-71-4	22	380	1 460	43.4	—	—	7.5	2.0	2.0
JQ_2-72-4	30	380	1 460	59.5	—	—	7.5	2.0	2.0
同步转速 1 000r/min(6 级)									
JQ_2-61-6	10	380	970	22.4	86	0.82	6.5	2.0	2.0
JQ_2-62-6	13	380	970	28.5	86.5	0.83	6.5	2.0	2.0
JQ_2-71-6	17	380	970	36.4	—	—	7.0	2.0	2.0
JQ_2-72-6	22	380	970	46	—	—	7.0	2.0	2.0
同步转速 750r/min(8 级)									
JQ_2-61-8	7.5	380	725	17.8	84.5	0.76	6.0	1.8	1.8
JQ_2-62-8	10	380	725	23	85.5	0.78	6.0	1.8	1.8

续表

型　号	额定功率（kW）	额定电压（V）	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			转速（r/min）	电流（A）	效率（%）	功率因数（$\cos\varphi$）			
同步转速750r/min（8级）									
JQ_2-71-8	13	380	725	29.2	—	—	6.5	1.8	1.8
JQ_2-72-8	17	380	725	37.3	—	—	6.5	1.8	1.8

表1-13　JO_3 系列三相异步电动机的技术数据

型　号	额定功率（kW）	额定电压（V）	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数（$\cos\varphi$）			
同步转速3 000r/min（2级）									
JO_3-801-2	1.1	220/380	—	—	78	0.85	6.5	1.8	—
JO_3-802-2	1.5	220/380	—	—	78.5	0.85	6.5	1.8	—
JO_3-90S-2	2.2	220/380	—	—	81	0.86	6.5	1.8	—
JO_3-100S-2	3	220/380	—	—	82.5	0.87	6.5	1.8	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速3 000r/min(2级)									
JO_3-21-2	3.0	380	6.06	—	82.5	0.86	7.0	2.0	2.2
JO_3-22-2	4.0	380	8.57	—	84.5	0.86	7.0	2.0	2.2
JO_3-100L-2	4.0	380	—	—	84.5	0.88	6.5	1.8	—
JO_3-112S-2	5.5	380	—	—	85	0.88	6.5	1.7	—
JO_3-31-2	5.5	380	10.85	—	86	0.86	7.0	2.0	2.2
JO_3-132S-2	7.5	380	—	—	86	0.88	7.0	1.7	—
JO_3-132M-2	11	380	—	—	86.5	0.88	7.0	1.7	—
JO_3-160S-2	15	380	—	—	86.5	0.88	7.0	1.7	—
JO_3-160M-2	18.5	380	—	—	87.5	0.88	7.0	1.7	—
JO_3-180M-2	22	380	—	—	88	0.88	7.0	1.5	—
JO_3-180L-2	30	380	—	—	88.5	0.88	7.0	1.5	—
JO_3-200M-2	37	380	—	—	89.5	0.88	7.0	1.5	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速 3 000r/min(2 级)									
JO_3-225S-2	45	380	—	—	89.5	0.88	7.0	1.5	—
JO_3-225M-2	55	380	—	—	90	0.88	7.0	1.5	—
JO_3-250S-2	75	380	142	2 980	91	0.88	7.0	1.5	2.2
JO_3-250M-2	90	380	—	—	91.5	0.88	7.0	1.5	—
JO_3-280S-2	100	380	189	2 970	—	—	7.0	1.5	2.2
JO_3-280S-2	110	380	—	—	—	—	7.0	1.5	—
JO_3-280M-2	132	380	—	—	—	—	7.0	1.5	—
同步转速 1 500r/min(4 级)									
JO_3-801-4	0.75	220/380	—	—	75	0.76	5.5	2.4	—
JO_3-802-4	1.1	220/380	—	—	76	0.77	5.5	2.4	—

续表

型号	额定功率（kW）	额定电压（V）	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数（cosφ）			
同步转速 1 500r/min（4 级）									
JO_3-90S-4	1.5	220/380	—	—	77.5	0.87	5.5	2.4	—
JO_3-100S-4	2.2	220/380	—	—	82	0.81	6.0	2.4	—
JO_3-100L-4	3.0	220/380	—	—	82.5	0.82	6.5	2.4	—
JO_3-22-4	3.0	380	6.68	—	82.5	0.82	7.0	2.0	2.2
JO_3-31-4	4.0	380	8.53	—	84.5	0.83	7.0	2.0	2.2
JO_3-112S-4	4.0	380	8.56	1 440	83.5	0.85	7.0	2.4	2.2
JO_3-112M-4	5.5	380	—	—	84.5	0.86	7.0	2.4	—
JO_3-32-4	5.5	380	11.36	—	85.5	0.85	7.0	2.0	2.2
JO_3-132S-4	7.5	380	—	—	86	0.86	7.0	2.0	—
JO_3-132M-4	11	380	—	—	86.5	0.86	7.0	2.0	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速1 500r/min(4级)									
JO_3-160S-4	15	380	31	1 460	86.5	0.86	7.0	2.0	2.2
JO_3-160M-4	18.5	380	37.4	1 455	87.5	0.86	7.0	2.0	2.2
JO_3-180M-4	22	380	—	—	89	0.86	7.0	2.0	—
JO_3-180L-4	30	380	—	—	89.5	0.86	7.0	2.0	—
JO_3-200M-4	37	380	—	—	91	0.88	6.5	1.8	—
JO_3-225S-4	45	380	—	—	91	0.88	6.5	1.8	—
JO_3-225S-4	55	380	104	1 480	—	—	6.5	2.0	2.8
JO_3-225M-4	55	380	—	—	91.5	0.88	6.5	1.8	—
JO_3-250S-4	75	380	141	1 480	92	0.88	6.5	1.8	2.2
JO_3-250M-4	90	380	—	—	92.5	0.89	6.5	1.8	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速1 500r/min(4级)									
JO_3-280S-4	100	380	185	1 480	—	—	6.5	1.8	2.2
JO_3-280S-4	110	380	—	—	—	—	6.5	1.8	—
JO_3-280M-4	132	380	—	—	—	—	6.5	1.8	—
同步转速1 000r/min(6级)									
JO_3-801-6	0.55	220/380	—	—	70	0.68	4.5	2.2	—
JO_3-802-6	0.75	220/380	—	—	71.5	0.69	4.5	2.2	—
JO_3-90S-6	1.1	220/380	—	—	76	0.72	5.0	2.2	—
JO_3-100S-6	1.5	220/380	—	—	77.5	0.74	5.0	2.2	—
JO_3-21-6	1.5	380	3.89	—	77	0.72	6.5	2.0	2.2
JO_3-100L-6	2.2	220/380	—	—	—	—	5.5	2.2	—
JO_3-22-6	2.2	380	5.48	—	79.5	0.75	6.5	2.0	2.2

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速 1 000r/min(6级)									
JO_3-31-6	3.0	380	7.09	—	81.5	0.77	6.5	2.0	2.2
JO_3-112S-6	3.0	220/380	—	—	82	0.77	5.5	2.2	—
JO_3-112M-6	4.0	380	—	—	83	0.77	6.0	2.0	—
JO_3-32-6	4.0	380	9.13	—	83.5	0.78	6.5	2.0	2.2
JO_3-132S-6	5.5	380	—	—	84	0.79	6.5	2.0	—
JO_3-132M-6	7.5	380	—	—	85	0.79	6.5	2.0	—
JO_3-160S-6	11	380	—	—	85.5	0.81	6.5	2.0	—
JO_3-160M-6	15	380	325	960	85.5	0.82	6.5	2.0	2.0
JO_3-180M-6	18.5	380	—	—	87.5	0.84	6.5	2.0	—
JO_3-180M-6	22	380	44.7	960	88	0.85	6.5	2.0	2.0
JO_3-180L-6	22	380	—	—	88	0.85	6.5	2.0	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速 1 000r/min(6 级)									
JO_3-200M-6	30	380	59.5	960	90	0.85	6.5	1.7	2.0
JO_3-225S-6	37	380	—	—	90.5	0.86	6.5	1.7	—
JO_3-225S-6	40	380	78	980	—	—	6.5	1.7	2.0
JO_3-225M-6	45	380	—	—	91.5	0.86	6.5	1.7	—
JO_3-250S-6	55	380	106	980	—	—	6.5	1.7	2.0
JO_3-250M-6	55	380	—	—	92	0.86	6.5	1.7	—
JO_3-280S-6	75	380	142	980	92	0.87	6.5	1.7	2.0
JO_3-280M-6	90	380	—	—	92	0.88	6.5	1.7	—
同步转速 750r/min(8 级)									
JO_3-112S-8	2.2	220/380	—	—	79	0.69	5.0	2.2	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速750r/min(8级)									
JO_3-31-8	2.2	380	6.04	—	79.5	0.66	5.5	2.0	2.2
JO_3-32-8	3.0	380	8.84	—	81.5	0.70	5.5	2.0	2.2
JO_3-112M-8	3.0	220/380	—	—	79	0.70	5.0	2.0	—
JO_3-132S-8	4.0	380	—	—	83.5	0.72	5.5	2.2	—
JO_3-132M-8	5.5	380	—	—	84.5	0.74	5.5	2.2	—
JO_3-160S-8	7.5	380	—	—	85.5	0.76	5.5	2.0	—
JO_3-160M-8	11	380	—	—	86.5	0.78	5.5	2.0	—
JO_3-180L-8	15	380	—	—	87	0.79	5.5	2.0	—
JO_3-200M-8	18.5	380	—	—	88	0.80	6.0	1.7	—

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
			电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数(cosφ)			
同步转速750r/min(8级)									
JO_3-225S-8	22	380	—	—	90	0.81	6.0	1.7	—
JO_3-225S-8	30	380	62	730	—	—	6.0	1.7	2.0
JO_3-225M-8	30	380	—	—	90.5	0.81	6.0	1.7	—
JO_3-250S-8	37	380	—	—	91	0.82	6.0	1.7	—
JO_3-250S-8	40	380	81.5	730	—	—	6.0	1.7	2.0
JO_3-250M-8	45	380	—	—	91.5	0.83	6.0	1.7	—
JO_3-280S-8	55	380	110	735	92.0	0.83	6.0	1.7	2.0
JO_3-280M-8	75	380	—	—	92.5	0.83	6.0	1.7	—

表 1-14 J系列异步电动机铁芯、绕组的技术数据

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J31-2	1.0	145	80	70	24	0.35	单纱漆包线	0.69	1	单层同心式	72	1~12 2~11	12	1	1.65	20	132	107	—	80	—	70	60	5	8
J32-2	1.7	145	80	100	24	0.35		0.8	1		52	1~12 2~11	12	1	1.93	20	132	107	—	110	—	70	60	5	8
J41-2	2.8	182	102	80	24	0.50		1.16	1		48	1~12 2~11	12	1	3.27	20	160	130	—	92	—	86.5	70.5	5	10
J42-2	4.5	182	102	115	24	0.50		1.4	1		33	1~12 2~11	12	1	3.9	20	160	130	—	125	—	86.5	70.5	5	10
J51-2	7	245	145	90	24	0.60		1.2 1.25	1 1		32	1~12 2~11	12	1	6.0	20	220	175	—	107	—	120	96	5	14
J52-2	10	245	145	140	24	0.60		1.35 1.45	1 1		21	1~12 2~11	12	1	8.25	20	220	175	—	160	—	120	96	5	14
J61-2	14	327	182	80	36	0.70		1.25	2	双叠	17	1~13	36	2	9.8	28	118	133	209	115	120	20	—	6	12
J62-2	20	327	182	105	36	0.70		1.45	2		13	1~13	36	2	10.9	28	118	133	209	140	145	20	—	6	12
J71-2	28	368	210	105	36	0.80		1.45 1.35	1 2		12	1~13	36	2	6.3 11	28	156	156	240	135	135	20	—	6	12
J72-2	40	368	210	135	36	0.80		1.45 1.35	1 3		9	1~13	36	2	5 13.2	28	156	156	240	165	165	20	—	6	12

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	节距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J81-2	55	423	245	130	36	1.10	单纱漆包线	1.56 1.45	3 2	双叠	8	1～13	36	2	17.5 10	28	184	194	290	178	166	20	—	6	12
J82-2	75	423	245	180	36	1.10		1.56 1.45	1 6		6	1～13	36	2	4.8 25	28	184	194	290	228	216	20	—	6	12
J91-2	100	493	280	160	36	1.00		1.56	9		5	1～13	36	2	36.5	28	210	210	340	210	210	20	—	6	11
J92-2	125	493	280	220	36	1.00		1.56	11		4	1～13	36	2	39.5	28	210	210	340	270	270	20	—	6	11
J31-4	0.6	145	90	84	24	0.25		0.57	1	单链	108	1～6	12	1	1.12	18	60	—	—	94	154	36	—	5	12
J32-4	1.0	145	90	100	24	0.25		0.69	1		89	1～6	12	1	1.34	18	60	—	—	110	170	36	—	5	12
J41-4	1.7	182	110	80	36	0.27		0.96	1		52	1～8	18	1	2.85	26	97	—	—	112	154	65	—	5	12
J42-4	2.8	182	110	115	36	0.27		1.2	1		36	1～8	18	1	3.5	26	97	—	—	145	188	65	—	5	12
J51-4	4.5	245	155	90	36	0.40		1.4	1		31	1～8	18	1	5.9	26	131	—	—	120	—	90	—	5	10
J52-4	7	245	155	135	36	0.40		1.25	2		21	1～8	18	1	7.2	26	131	—	—	165	—	90	—	5	10
J61-4	10	327	210	80	36	0.60		1.56	1		25	1～8	36	2	9.55	44	81	90	134	108	116	20	—	6	15
J62-4	14	327	210	105	36	0.60		1.25	2		19	1～8	36	2	10.1	44	81	90	134	133	141	20	—	6	15

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J71-4	20	368	230	105	36	0.60	单纱漆包线	1.56	2	双叠	17	1~8	36	2	15.2	44	95	95	150	145	145	20	—	6	10
J72-4	28	368	230	135	36	0.60		1.45	3		13	1~8	36	2	16.3	44	95	95	150	175	175	20	—	6	10
J81-4	40	423	280	130	48	0.70		1.45	4		9	1~10	48	2	22.7	47	116	125	174	166	178	20	—	6	12
J82-4	55	423	280	180	48	0.70		1.35 1.45	2 1		13	1~10	48	4	16.6 9.3	47	116	125	174	216	228	20	—	6	12
J91-4	75	493	327	160	60	0.90		1.45	4		10	1~13	60	4	37.5	47	145	145	220	204	204	20	—	6	11
J92-4	100	493	327	220	60	0.90		1.56 1.35	3 2		8	1~13	60	4	29 14.5	47	145	145	220	264	254	20	—	6	11
J41-6	1.0	182	110	80	36	0.27		0.86	1	单链	74	1~32 2~7	18	1	2.6	26	51	—	—	102	162	29	—	5	12
J42-6	1.7	182	110	115	36	0.27		1.08	1		51	1~32 2~7	18	1	3.2	26	51	—	—	137	177	29	—	5	12
J51-6	2.8	245	155	90	36	0.40		1.25	1		45	1~32 2~7	18	1	4.6	44	75	—	—	120	—	35	—	5	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J52-6	4.5	245	155	135	36	0.40	单纱漆包线	1.56	1	单链	30	1~32 2~7	18	1	5.7	44	75	—	—	165	—	35	—	5	11.5
J61-6	7	327	210	80	36	0.50	单纱漆包线	1.35	2	双叠	17	1~6	36	1	8.3	44	70	70	92	110	110	20	—	6	15
J62-6	10	327	210	105	36	0.50	单纱漆包线	1.56	2	双叠	13	1~6	36	1	9.3	44	70	70	92	135	135	20	—	6	15
J71-6	14	368	260	105	54	0.50	单纱漆包线	1.56	1	双叠	24	1~8	54	3	14.3	58	76	76	106	145	145	20	—	6	13
J72-6	20	368	260	135	54	0.50	单纱漆包线	1.25	2	双叠	19	1~8	54	3	15.9	58	76	76	106	175	175	20	—	6	13
J81-6	28	423	300	130	72	0.60	单纱漆包线	1.45 1.35	1 1	双叠	12	1~11	72	3	9.9 8.5	58	92	100	145	174	166	20	—	6	12
J82-6	40	423	300	180	72	0.60	单纱漆包线	1.45	4	双叠	6	1~11	72	2	22.5	58	92	100	145	224	216	20	—	6	12
J91-6	55	493	350	160	72	0.65	单纱漆包线	1.45	2	双叠	17	1~11	72	6	34.6	58	122	131	172	196	208	20	—	6	20
J92-6	75	493	350	220	72	0.65	单纱漆包线	1.35	3	双叠	13	1~11	72	6	38.5	58	122	131	172	256	268	20	—	6	20

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 ϕ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J61-8	4.5	327	230	80	48	0.45	单纱漆包线	1.16	2	双叠	17	1~6	48	1	7.5	58	59	59	83	110	110	20	—	6	12
J62-8	7	327	230	105	48	0.45		1.35 1.45	1 1		12	1~6	48	1	3.95 4.55	58	59	59	83	135	135	20	—	6	12
J71-8	10	368	260	105	54	0.50		1.16	2		20	1~7	54	2	11.9	58	62	62	90	145	145	20	—	6	10
J72-8	14	368	260	135	54	0.50		1.35	2		16	1~7	54	2	14.3	58	62	62	90	175	175	20	—	6	10
J81-8	20	423	300	130	72	0.60		1.56	2		10	1~9	72	2	17.4	58	75	83	115	174	166	20	—	6	12
J82-8	28	423	300	180	72	0.60		1.25	2		15	1~9	72	4	19.3	58	75	83	115	224	216	20	—	6	12
J91-8	40	493	350	160	72	0.65		1.25 1.35	2 1		14	1~8	72	4	17.7 10.3	58	84	92	118	190	190	20	—	6	20
J92-8	55	493	350	220	72	0.65		1.45	3		11	1~8	72	4	32.2	58	84	92	118	256	268	20	—	6	20

表 1-15　JO 系列异步电动机铁芯、绕组的技术数据

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO31-2	0.6	145	80	70	24	0.35	单纱漆包线	0.59	1	单层同心式	85	1～12 2～11	12	1	1.4	20	132	107	—	80	—	70	60	5	8
JO32-2	1.0	145	80	100	24	0.35		0.69	1		62	1～12 2～11	12	1	1.69	20	132	107	—	110	—	70	60	5	8
JO41-2	1.7	182	102	80	24	0.5		1.0	1		56	1～12 2～11	12	1	2.8	20	160	130	—	92	—	86.5	70.5	5	10
JO42-2	2.8	182	102	115	24	0.5		1.25	1		40	1～12 2～11	12	1	4.6	20	160	130	—	125	—	86.5	70.5	5	10
JO51-2	4.5	245	145	90	24	0.6		1.56	1		39	1～12 2～11	12	1	7.6	20	220	175	—	107	—	120	96	5	14
JO52-2	7	245	145	140	24	0.6		1.25 1.35	1 1		25	1～12 2～11	12	1	4 4.7	20	220	175	—	160	—	120	96	5	14
JO62-2	10	327	182	100	36	0.7		1.16	2	双叠	18	1～13	36	2	10.5	28	118	133	209	140	145	20	—	6	12
JO63-2	14	327	182	130	36	0.7		1.35	2		14	1～13	36	2	11.7	28	118	133	209	165	170	20	—	6	12

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J072-2	20	368	210	135	36	0.8	单纱漆包线	1.45 1.56	4 1	双叠	6	1～13	36	1	13.2 3.8	28	156	156	240	165	165	20	—	6	12
J073-2	28	368	210	180	36	0.8		1.56	3		9	1～13	36	2	18.5	28	156	156	240	210	210	20	—	6	12
J082-2	40	423	245	180	36	1.1		1.45	5		8	1～13	36	2	25	28	167	176	290	228	216	20	—	6	12
J083-2	55	423	245	240	36	1.1		1.56 1.45	4 2		6	1～13	36	2	21 9	28	184	194	290	288	270	20	—	6	12
J093-2	75	493	280	250	36	1.0		1.56	8		5	1～13	36	2	44	28	210	210	340	300	300	20	—	6	12
J094-2	100	493	280	320	36	1.0		1.56	12		4	1～13	36	2	53	28	210	210	340	370	370	20	—	6	12
J031-4	0.6	145	90	84	24	0.25		0.57	1	单链	108	1～6	12	1	1.12	26	60	—	—	94	154	36	—	5	12
J032-4	1.0	145	90	100	24	0.25		0.69	1		89	1～6	12	1	1.34	26	60	—	—	110	170	36	—	5	12
J041-4	1.7	182	110	80	36	0.27		1.0	1		52	1～8	18	1	3.55	26	97	—	—	112	154	65	—	5	12
J042-4	2.8	182	110	115	36	0.27		1.25	1		36	1～8	18	1	4.5	26	97	—	—	145	188	65	—	5	12
J051-4	4.5	245	155	90	36	0.4		1.4	1		32	1～8	18	1	6	26	131	—	—	112	—	75	—	5	10
J052-4	7	245	155	135	36	0.4		1.25	2		22	1～8	18	1	7.2	26	131	—	—	135	—	75	—	5	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J062-4	10	327	210	100	36	0.5	单纱漆包线	1.16	2	双叠	21	1~8	36	2	10	44	81	90	134	108	116	20	—	5	15
J063-4	14	327	210	130	36	0.5		1.35	2		16	1~8	36	2	13	44	81	90	134	133	141	20	—	5	15
J072-4	20	368	230	135	36	0.6		1.56	5		7	1~8	36	1	17	44	95	95	150	175	175	20	—	6	10
J073-4	28	368	230	180	36	0.6		1.35	2		21	1~8	36	4	18	44	95	95	150	210	210	20	—	6	10
J082-4	40	423	280	180	48	0.7		1.56	2		15	1~11	48	4	25.5	38	123	135	185	228	216	20	—	6	12
J083-4	55	423	300	240	48	0.7		1.45 1.35	2 1		11	1~11	48	4	19.3 8.4	47	130	143	194	288	276	20	—	6	12
J093-4	75	493	327	260	60	0.9		1.45	5		7	1~12	60	4	43.7	47	163	163	250	280	280	20	—	6	11
J094-4	100	493	327	320	60	0.9		1.45	6		6	1~12	60	4	49.5	47	163	163	250	364	364	20	—	6	11
J041-6	1.0	182	110	80	36	0.27		0.86	1	单链	74	1~32 2~7	18	1	2.6	26	51	—	—	102	162	29	—	5	12
J042-6	1.7	182	110	115	36	0.27		1.08	1		51	1~32 2~7	18	1	3.2	26	51	—	—	137	177	29	—	5	12
J051-6	2.8	245	155	90	36	0.4		1.25	1		45	1~32 2~7	18	1	4.6	44	75	—	—	110	—	35	—	5	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯 外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数	气隙(mm)	定子绕组 电磁线	电磁线直径 ϕ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)	转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm) A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO52-6	4.5	345	155	135	36	0.4	单纱漆包线	1.56	1	单链	30	1~32 2~7	18	1	5.7	44	75	—	—	165	—	35	—	5	11.5
JO62-6	7	327	210	100	36	0.5		1.35 1.45	1 1	双叠	14	1~6	36	1	4.2 4.7	44	70	70	92	135	135	20	—	6	15
JO63-6	10	327	210	130	36	0.5		1.35	3		11	1~6	36	1	9.8	44	70	70	92	158	158	20	—	6	15
JO72-6	14	368	260	135	54	0.5		1.45	2		13	1~9	54	2	15.3	58	76	76	106	175	175	20	—	6	13
JO73-6	20	368	260	180	54	0.5		1.35 1.45	1 1		14	1~9	54	3	8 9.2	58	76	76	106	220	220	20	—	6	13
JO82-6	28	423	300	180	72	0.6		1.56	2		10	1~11	72	3	21.4	58	96	104	150	224	216	20	—	6	12
JO83-6	40	423	300	240	72	0.6		1.56	4		5	1~11	72	2	24.5	58	96	104	150	284	276	20	—	6	12
JO93-6	55	493	350	360	72	0.65		1.25 1.35	1 2		13	1~11	72	6	11 26.7	58	122	131	172	286	298	20	—	6	20

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 ϕ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
J094-6	75	493	350	320	72	0.65	单纱漆包线	1.56	3	双叠	10	1~11	72	6	46.5	58	122	131	172	340	372	20	—	6	20
J062-8	4.5	327	230	100	48	0.45		1.25	2		14	1~6	48	1	8.2	58	59	59	83	135	135	20	—	6	12
J063-8	7	327	230	130	48	0.45		1.45	2		11	1~6	48	1	9.5	58	59	59	83	158	158	20	—	6	12
J072-8	10	368	260	135	54	0.5		1.25	2		17	1~7	54	2	13	58	62	62	90	175	175	20	—	6	10
J073-8	14	368	260	180	54	0.5		1.45	2		13	1~7	54	2	15.7	58	62	62	90	220	220	20	—	6	10
J082-8	20	423	300	180	72	0.6		1.35 1.45	2 1		8	1~9	72	2	11.7 6.7	58	75	83	115	224	216	20	—	6	12
J083-8	28	423	300	240	72	0.6		1.45	2		13	1~9	72	4	24	58	75	83	115	284	274	20	—	6	12
J093-8	40	493	350	260	72	0.65		1.45	3		11	1~9	72	4	34	58	84	92	120	286	298	20	—	6	20
J094-8	55	493	350	320	72	0.65		1.45 1.35	2 2		8	1~9	72	4	19.5 16.7	58	99	109	136	356	368	20	—	6	20

表1-16 J2系列异步电动机铁芯、绕组的技术数据

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)							
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径φ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	r	b
J_2-61-2	17	280	155	110	36	0.8	高强度聚酯漆包圆铜线	1.4 1.35	1 1	双叠	16	1~13	36	1	5.04 4.7	22	100	100	158	150	150	20	50	11
J_2-62-2	22	280	155	130	36	0.8		1.62	2		13	1~13	36	1	10.67	22	100	100	158	175	175	20	5	11
J_2-71-2	30	327	182	130	36	0.8		1.3	4		10	1~13	36	1	16	28	130	130	182	170	170	20	5	11
J_2-72-2	40	327	182	155	36	0.8		1.5	4		8	1~13	36	1	18.5	28	130	130	182	195	195	20	5	11
J_2-81-2	55	368	210	180	36	1.2		1.45 1.5	1 2		14	1~13	36	2	8.83 18.9	28	155	155	202	220	220	20	5	13
J_2-82-2	75	368	210	230	36	1.2		1.25 1.3	2 3		11	1~13	36	2	11.3 18.3	28	155	155	202	270	270	20	5	13
J_2-91-2	100	423	245	220	42	1.6		1.45	5		8	1~15	36	2	33.2	34	177	177	234	260	260	20	5	13
J_2-92-2	125	423	245	290	42	1.6		1.68	5		7	1~15	36	2	41.5	34	177	177	234	300	300	20	5	13
J_2-61-4	13	280	182	120	36	0.5		1.2	2		17	1~8	36	1	7.1	28	75	75	125	160	160	20	5	9
J_2-62-4	17	280	182	155	36	0.5		1.4	1		27	1~8	36	2	7.8	28	75	75	125	195	195	20	5	9
J_2-71-4	22	327	210	145	36	0.5		1.4	3		12	1~9	36	1	12.2	26	92	92	162	185	185	20	5	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)							
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 ϕ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	r	b
J_2-72-4	30	327	210	190	36	0.5	高强度聚酯漆包圆铜线	1.4	1	双叠	37	1~9	36	4	15	26	92	92	162	230	230	20	5	10
J_2-81-4	40	368	245	180	48	0.65		1.5	1		27	1~11	48	4	19.5	38	104	104	170	220	220	20	5	10
J_2-82-4	55	368	245	240	48	0.65		1.5	3		10	1~11	48	2	24.6	38	104	104	170	280	280	20	5	10
J_2-91-4	75	423	280	210	60	0.85		1.5	4		8	1~13	60	2	32.3	50	120	120	187	250	250	20	5	10
J_2-92-4	100	423	280	260	60	0.85		1.45	3		13	1~13	60	4	40.4	50	120	120	187	300	300	20	5	10
J_2-61-6	10	280	200	165	54	0.4		1.12	2		14	1~9	54	1	7.9	44	62	62	105	205	205	20	5	7
J_2-62-6	13	280	200	205	54	0.4		1.25	2		11	1~9	54	1	10	44	62	62	105	250	250	20	5	7
J_2-71-6	17	327	230	200	54	0.45		1.5 1.45	1 1		9	1~9	54	1	5.9 5.5	44	67	67	115	230	230	20	5	7
J_2-72-6	22	327	230	250	54	0.45		1.2	2		14	1~9	54	2	13.6	44	67	67	115	280	280	20	5	7
J_2-81-6	30	368	260	180	72	0.5		1.4	2		12	1~11	72	2	19.5	58	76	76	124	220	220	20	5	7
J_2-82-6	40	368	260	240	72	0.5		1.35	2		14	1~11	72	3	24.5	58	76	76	124	280	280	20	5	7
J_2-91-6	55	423	300	320	72	0.6		1.56	1		23	1~11	72	6	28.4	56	86	86	138	295	295	20	5	8
J_2-92-6	75	423	300	420	72	0.6		1.3	2		17	1~11	72	6	34.5	56	86	86	138	380	380	20	5	8

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)							
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 ϕ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	r	b
J_2-61-8	7.5	280	200	165	54	0.4	高强度聚酯漆包圆铜线	1.45	1	双叠	18	1~7	54	1	8	58	46	46	74	135	135	20	5	7
J_2-62-8	10	280	200	205	54	0.4		1.2	1		27	1~7	54	2	9.5	58	46	46	74	175	175	20	5	7
J_2-71-8	13	327	230	155	54	0.45		1.35	1		25	1~7	54	2	10	58	52	52	85	185	185	20	5	7
J_2-72-8	17	327	230	200	54	0.45		1.5 1.45	1 1		10	1~7	54	1	6.2 5.8	58	52	52	85	230	230	20	5	7
J_2-81-8	22	368	260	180	72	0.5		1.25	2		15	1~9	72	2	18.4	58	61	61	94	220	220	20	5	7
J_2-82-8	30	368	260	240	72	0.5		1.25	1		23	1~9	72	4	26.3	58	61	61	94	280	280	20	5	7
J_2-91-8	40	423	300	255	72	0.5		1.16	2		18	1~9	72	4	23.3	56	71	71	104	295	295	20	5	8
J_2-92-8	55	423	300	340	72	0.5		1.4 1.45	1 1		14	1~9	72	4	15.7 16.8	56	71	71	104	380	380	20	5	8
J_2-81-10	17	368	260	180	60	0.45		1.16 1.25	1 1		20	1~6	60	2	7.9 9.1	64	46	46	74	220	220	20	5	8
J_2-82-10	22	368	260	240	60	0.45		1.35	2		15	1~6	60	2	18.9	64	46	46	74	280	280	20	5	8
J_2-91-10	30	423	300	240	60	0.5		1.35	1		31	1~6	60	5	19.9	64	56	56	84	280	280	20	5	8
J_2-92-10	40	423	300	320	60	0.5		1.62	1		24	1~6	60	5	27.1	64	56	56	84	360	360	20	5	8

注：J_2 系列电动机的接法均为Δ，适用于380 V。

表 1-17　JO_2 系列异步电动机铁芯、绕组的技术数据

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
* JO_2-11-2	0.8	120	67	65	24	0.3	高强度聚酯漆包圆铜线	0.67	1	单层同心式	94	1~12 2~11	12	1	1.63	20	86	69	—	—	151	43	35	5	8
* JO_2-12-2	1.1	120	67	85	24	0.3		0.77	1		72	1~12 2~11	12	1	1.79	20	86	69	—	—	171	43	35	5	8
* JO_2-21-2	1.5	145	82	75	18	0.4		0.83	1		80	1~9 20~10 18~11	9	1	1.81	16	86	73	—	190	—	43	36	10	8.5
* JO_2-22-2	2.2	145	82	100	18	0.4		0.93	1		60	1~9 2~10 18~11	9	1	1.88	16	86	73	—	221	—	43	36	10	8.5
* JO_2-31-2	3	167	94	95	24	0.45		1.12	1		41	1~12 2~11	12	1	2.84	20	116	95	—	—	215	58	47	5	10
JO_2-32-2	4	167	94	125	24	0.45		0.96	1		56	1~12 2~11	12	1	3.05	20	116	95	—	—	245	58	47	5	10
JO_2-41-2	5.5	210	114	110	24	0.6		0.93	2		53	1~12 2~11	12	1	5.81	20	138	115	—	—	251	70	57	5	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	节距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO₂-42-2	7.5	210	114	135	24	0.6	高强度聚酯漆包圆铜线	1.08	2	单层同心式	43	1~12 2~11	12	1	6.87	20	138	115	—	—	276	70	57	5	10
JO₂-51-2	10	245	136	120	24	0.7		1.35	2		4	1~12 2~11	12	1	10.5	20	175	143	—	—	273	87	72	5	12
JO₂-52-2	13	245	136	160	24	0.7		1.16 1.25	1 2		32	1~12 2~11	12	1	11.3	20	175	143	—	—	313	87	72	5	12
JO₂-61-2	17	280	155	155	30	0.8		1.45	1	双叠	25	1~11	30	2	9.7	22	100	100	158	195	195	20	—	5	11
JO₂-71-2	22	327	182	155	36	0.8		1.35	4		10	1~13	36	1	18.6	28	130	130	182	195	195	20	—	5	11
JO₂-72-2	30	327	182	200	36	0.8		1.56 1.62	2 2		8	1~13	36	1	10.8 11.2	28	130	130	182	250	250	20	—	5	11
JO₂-82-2	40	368	130	240	36	1.2		1.45	3		13	1~13	36	2	26.5	28	155	155	202	280	280	20	—	5	13
JO₂-91-2	55	423	245	260	42	1.6		1.56	4		10	1~15	42	2	39.3	34	177	177	234	300	300	20	—	5	13

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 ϕ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO_2-92-2	75	423	245	300	42	1.6	高强度聚酯漆包圆铜线	1.56	5	双叠	8	1~15	42	2	43.3	34	177	177	234	340	340	20	—	5	13
JO_2-93-2	100	423	245	365	42	1.6		1.56 1.5	3 4		6	1~15	42	2	22.6 27.1	34	177	177	234	400	400	20	—	5	13
* JO_2-11-4	0.6	120	75	85	24	0.25		0.57	1	单链	115	1~6	12	1	1.35	22	50	—	—	—	134	31	—	10	8
* JO_2-12-4	0.8	120	75	100	24	0.25		0.67	1		96	1~6	12	1	1.55	22	50	—	—	—	134	31	—	10	8
* JO_2-21-4	1.1	145	90	85	24	0.25		0.72	1		80	1~6	12	1	1.47	22	60	—	—	—	141	36	—	10	9
* JO_2-22-4	1.5	145	90	115	24	0.25		0.83	1		62	1~6	12	1	1.74	22	60	—	—	—	171	36	—	10	9
* JO_2-31-4	2.2	167	104	95	36	0.3		0.96	1	单层交叉式	41	1~9 2~10 18~11	18	1	2.3	26	73	65	—	175	—	39	34	10	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO_2-32-4	3	167	104	135	36	0.3	高强度聚酯漆包圆铜线	1.12	1	单层交叉式	31	1~9 2~10 18~11	18	1	2.79	26	73	65	—	215	—	39	34	10	10
JO_2-41-4	4	210	136	100	36	0.35		1.00	1		52	1~9 2~10 18~11	18	1	3.57	26	94	84	—	185	—	65	53	10	10
JO_2-42-4	5.5	210	136	125	36	0.35		1.16	1		42	1~9 2~10 18~11	18	1	3.93	26	94	84	—	210	—	65	53	10	10
JO_2-51-4	7.5	245	162	120	36	0.4		1.06	2		38	1~9 2~10 18~11	18	1	6.14	26	110	99	—	213	—	65	56	10	11
JO_2-52-4	10	245	162	160	36	0.4		1.12	2		29	1~9 2~10 18~11	18	1	6.68	26	110	99	—	253	—	65	56	10	11

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径φ(mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO₂-61-4	13	280	182	155	36	0.45	高强度聚酯漆包圆铜线	1.25	1	双叠	27	1~8	36	2	7.6	28	75	75	125	190	190	20	—	5	9
JO₂-62-4	17	280	182	190	36	0.45		1.45	1		21	1~8	36	2	8.8	28	75	75	125	225	225	20	—	5	9
JO₂-71-4	22	327	210	190	36	0.55		1.35	2		20	1~9	36	2	17	26	92	92	162	230	230	20	—	5	10
JO₂-72-4	30	327	210	260	36	0.55		1.56	2		15	1~9	36	2	19	26	92	92	162	300	300	20	—	5	10
JO₂-82-4	40	368	245	275	48	0.65		1.4	3		11	1~11	48	2	25	38	104	104	170	315	315	20	—	5	10
JO₂-91-4	55	423	280	260	60	0.85		1.5	2		17	1~13	60	4	37.6	50	120	120	187	300	300	20	—	5	10
JO₂-92-4	75	423	280	340	60	0.85		1.45	3		13	1~13	60	4	46.2	50	120	120	187	380	380	20	—	5	10
JO₂-93-4	100	423	280	380	60	0.85		1.45	4		11	1~13	60	4	51.5	50	120	120	187	420	420	20	—	5	10

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 ϕ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
* JO_2-21-6	0.8	145	94	85	36	0.25	高强度聚酯漆包圆铜线	0.67	1	双叠	81	1~6	18	1	1.66	33	42	—	—	—	132	25	—	10	9
* JO_2-22-6	1.1	145	94	115	36	0.25		0.77	1		61	1~6	18	1	1.94	33	42	—	—	—	162	25	—	10	9
* JO_2-31-6	1.5	167	114	95	36	0.3		0.93	1		60	1~6	18	1	2.33	33	50	—	—	—	150	31	—	10	10
* JO_2-32-6	2.2	167	114	135	36	0.3		1.04	1		42	1~6	18	1	2.88	33	50	—	—	—	190	31	—	10	10
* JO_2-41-6	3	210	148	110	36	0.35		1.2	1		40	1~6	18	1	3.54	33	65	—	—	—	170	43	—	10	9
JO_2-42-6	4	210	148	140	36	0.35		1.04	1		55	1~6	18	1	4.13	33	65	—	—	—	200	43	—	10	9
JO_2-51-6	5.5	245	174	130	36	0.35		1.2	1		47	1~6	18	1	4.82	33	76	—	—	—	199	47	—	10	11
JO_2-52-6	7.5	245	174	170	36	0.35		1.4	1		37	1~6	18	1	5.97	33	76	—	—	—	239	47	—	10	11

续表

型号	功率(kW)	定子铁芯				气隙(mm)	定子绕组									转子槽数	定子线圈木模尺寸(mm)								
		外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		电磁线	电磁线直径 φ (mm)	并联根数	线圈形式	线圈匝数	槽距	每台电动机线圈数	并联支路数	电磁线重(kg)		A	B	D	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b
JO2-61-6	10	280	200	175	54	0.4	高强度聚酯漆包圆铜线	1.16 1.12	1 1	双叠	11	1~9	54	1	4.5 4.1	44	62	62	105	205	205	20	—	5	7
JO2-62-6	13	280	200	220	54	0.4		1.35 1.3	1 1		9	1~9	54	1	5.5 5.1	44	62	62	105	250	250	20	—	5	7
JO2-71-6	17	327	230	220	54	0.45		1.5 1.45	1 1		9	1~9	54	1	5.9 5.5	44	67	67	115	230	230	20	—	5	7
JO2-72-6	22	327	230	250	54	0.45		1.2	2		14	1~9	54	2	13.6	44	67	67	115	280	280	20	—	5	7
JO2-81-6	30	368	260	240	72	0.5		1.25	2		16	1~11	72	3	23.8	58	76	76	124	280	280	20	—	5	7
JO2-82-6	40	368	260	310	72	0.5		1.45	2		12	1~11	72	3	27.9	58	76	76	124	350	350	20	—	5	7
JO2-91-6	55	423	300	320	72	0.6		1.4	3		10	1~11	72	3	34.1	56	86	86	138	360	360	20	—	5	8

1.3.2　YL系列大型三相异步电动机

YL系列大型三相鼠笼式异步电动机是立式型，适合于作水泵、风机等立式安装的机械设备的原动机，其通风方式有开启通风和管道通风两种。电动机的安装形式有水泵和电动机分层安装及水泵支座和电动机底座直接连接安装两种。电动机的绕组与轴承内均安装有测温元件，可以随时检测电动机在运行中的工作温度。YL系列大型三相鼠笼式异步电动机的技术数据如表1-18所示。

表1-18　YL系列大型三相鼠笼式异步电动机的技术数据

型　　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定电流(A)	额定转速(r/min)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	启动电流/额定电流	质量(kg)
YL1000-10/1430	1 000	6 000	123	592	1.5	2.3	6.5	12 000
YL630-12/1430	630	6 000	78	493	1.47	2.4	6.0	12 000
YL800-12/1430	800	6 000	100	491	1.9	2.2	5.7	13 000
YL1000-12/1430	1 000	6 000	119	493	1.1	2.1	4.71	14 000
YL500-15/1730	500	6 000	68.2	370	1.53	2.52	5.37	11 500
YL800-16/1730	800	6 000	105	370	1.1	2.0	4.7	18 500
YL1000-16/2150	1 000	6 000	370	370	1.44	1.91	4.4	16 000

1.3.3 YK 系列大型三相异步电动机

YK 系列大型三相高速鼠笼式异步电动机，其结构形式为卧式。它采用的是座式轴承，两轴伸端可以任意选择承担全部负载，但不可以承受外加径向和轴向负荷。电动机的旋转必须按从定子出线端看逆时针方向旋转。YK 系列大型三相高速鼠笼型异步电动机的技术数据如表 1-19 所示。

表 1-19 YK 系列大型三相高速鼠笼式异步电动机的技术数据

型号	额定值				效率(%)	功率因数	启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)						
YK1000-2/990	1 000	6 000	110	3 000	93	0. 84	7	0. 7	1. 8	6 865
YK1000-2/990	1 000	6 000	—	3 000	93	0. 84	7	0. 7	1. 8	—
YK1000-2/990	1 000	6 000	119	2 985	94. 5	0. 86	6	0. 7	2. 0	7 300
YK1250-2/990	1 250	6 000	137	3 000	94	0. 845	7	0. 7	1. 8	7 700
YK1250-2/990	1 250	6 000	—	3 000	93	0. 84	7	0. 7	1. 8	—
YK1250-2/990	1 250	6 000	148. 5	2 985	94. 5	0. 86	6	0. 7	2. 0	7 500
YK1600-2/990	1 600	6 000	177	3 000	94	0. 85	7	0. 7	1. 8	7 700
YK1600-2/990	1 600	6 000	—	3 000	94	0. 85	7	0. 7	1. 8	1 200

续表

型号	额定值				效率(%)	功率因数	启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)						
YK1600-2/990	1 600	6 000	189	2 985	94.5	0.86	6	0.8	2.0	8 370

1.3.4 YR系列三相线绕异步电动机

1. YR系列三相线绕转子式异步电动机

YR系列三相线绕转子式异步电动机是JR系列三相线绕转子式异步电动机的替代产品，它与JR系列电动机相比具有效率高、噪声低、振动小、启动性能好、防护等级低的特点。它为连续工作方式，安装方式为卧式。其功率与转速范围如表1-20所示。

表1-20 YR系列三相线绕转子式异步电动机的功率与转速

机座号	额定功率(kW)			
	4级	6级	8级	10级
	同步转速(r/min)			
	1 500	1 000	750	600
Y280M	132	90	75	—
Y315S	160	110	90	55
Y315M	185 200	132	110	75

续表

机座号	额定功率(kW)			
	4 级	6 级	8 级	10 级
	同步转速(r/min)			
	1 500	1 000	750	600
Y355	220 250 280 315	160 185 200 220 250	132 160 185 200 220	90 110 132 160

2. YR 系列大型三相线绕转子式异步电动机

YR 系列大型三相线绕转子式异步电动机,是 JR 系列大型三相线绕转子式异步电动机的替代产品。其结构形式为卧式,带有两个座式滑动轴承,通风方式有开启和管道通风方式两种。电动机在启动过程中,可以通过调节外接附加电阻来调节启动转矩和启动电流,还可以通过调节外接附加电阻来调节电动机的额定转速。

(1)YR 系列大型三相线绕转子式异步电动机的技术数据

YR 系列大型三相线绕转子式异步电动机的技术数据如表 1-21 所示。

(2) YR 系列(IP44)三相线绕转子式异步电动机的技术数据

YR 系列(IP44)三相线绕转子式异步电动机的技术数据如表 1-22 所示。

(3)YR 系列(IP23)三相线绕转子式异步电动机的技术数据

YR 系列(IP23)三相线绕转子式异步电动机的技术数据如表 1-23 所示。

表 1-21 YR 系列大型三相线绕转子式异步电动机

型号	额定值				效率(%)	功率因数	形式	转子		最大转矩/额定转矩	外形尺寸(mm)			质量(kg)	生产厂
	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)				电压(V)	电流(A)		L	D	H		
YR630-8/1180	630	6 000	81	750	92	0.81	开启	448	876	1.8	2 130	1 640	1 550	6 500	①②③④
YR800-8/1180	800	6 000	102	750	92	0.82	开启	562	883	1.8	2 580	1 640	1 550	7 700	①②③④
YR630-10/1180	630	6 000	82	600	92	0.80	开启	943	416	1.8	2 430	1 640	1 550	6 700	①②③④
YR800-10/1180	800	6 000	103	600	92	0.81	开启	1 205	409	1.8	2 580	1 640	1 550	7 900	①②③④
YR400-12/1180	400	6 000	57	500	90.5	0.75	开启	695	363	1.8	2 430	1 640	1 550	6 100	①②③④
YR500-12/1180	500	600	70	500	91	0.76	开启	826	377	1.8	2 430	1 640	1 550	700	①②③④⑤
YR500-12/1180	500	6 000	70	500	91	0.76	开启	826	377	1.8	2 430	1 640	1 550	700	①②③④⑤
YR630-12/1430	630	6 000	85	500	91.5	0.78	开启	756	524	1.8	2 380	1 990	1 850	7 900	①②③④⑤⑥⑦
YR630-12/1430	630	6 000	85	500	91.5	0.78	管道	756	524	1.8	2 880	2 400	2 000	9 900	①④⑦
YR800-12/1430	800	6 000	105	500	91.5	0.80	开启	925	541	1.8	2 640	1 990	1 850	8 700	①②③④⑦
YR800-12/1430	800	6 000	105	500	91.5	0.80	管道长轴	925	541	1.8	3 640	2 400	2 000	11 200	①④⑦
YR500-16/1430	500	6 000	74	375	90.5	0.72	开启	729	430	1.8	2380	1 990	1 850	7 200	①②④

续表

型号	额定值				效率(%)	功率因数	形式	转子		最大转矩/额定转矩	外形尺寸(mm)			质量(kg)	生产厂
	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)				电压(V)	电流(A)		L	D	H		
YR500-16/1430	500	6 000	74	500	90.5	0.72	管道	729	430	1.8	2 880	2 400	2 000	9 200	①④
YR630-16/1430	630	6 000	93	500	90.5	0.72	开启	906	428	1.8	2 640	1 990	1 850	8 600	①②③④
YR630-16/1430	630	6 000	93	500	90.5	0.72	管道	906	428	1.8	3 140	2 400	2 000	10 600	①④
YR800-16/1730	800	6 000	114	500	91	0.74	开启	1 084	463	1.8	2 640	2 460	2 250	10 200	①②③④⑦
YR800-16/1730	800	6 000	114	500	91	0.74	管道长轴	1 084	463	1.8	2 540	2 800	2 400	13 700	①④⑦
YR800-26/1730	800	6 000	117	300	90.5	0.73	开启	708	709	1.8	2 640	2 460	2 250	12 100	①②③④
YR800-20/1730	800	6 000	117	300	90.5	0.73	管道长轴	708	709	1.8	3 540	2 800	2 400	15 600	①④
YR630-24/1730	630	6 000	99	250	90	0.68	开启	1 214	363	1.8	2 800	2 460	2 250	11 300	①②③④
YR630-24/1730	630	6 000	99	250	90	0.68	管道	1 214	363	1.8	3 400	2 800	2 400	13 800	①④
YR800-24/2150	800	6 000	117	250	90	0.70	管道长轴	1 062	480	1.8	3 250	3 600	2 900	17 300	①②④

注:表中仅列入了1000kW以下的电动机。生产厂的代号为:
① 上海电机厂;② 兰州电机厂;③ 东方电机厂;④ 哈尔滨电机厂;⑤ 南京汽轮机厂;⑥ 沈阳电机厂;⑦ 洲潭电机厂。

表 1-22 YR(IP44)三相线绕转子式异步电动机的技术数据(定子电压为 380V)

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规 根数	线规 直径(mm)	绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规 根数	线规 直径或(长×宽)(mm)	绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
YR132M1-4	4.0	9.3	230	1 440	36/24	102	1	0.8	双层叠式	1~9	2	280	28	3	φ1.03	双层叠式	237	0.435	1~6	1
YR132M2-4	5.5	12.6	272	1 440	36/24	74	1	0.95		1~9	2	320	24	2 1	1.12 1.18		297	0.376	1~6	1
YR160M-4	7.5	15.7	250	1 460	36/24	74	1	1.12		1~9	2	321	44	2 1	1.00 1.06		262	0.204	1~6	2
YR160L-4	11	22.5	276	1 460	36/24	52	2	0.95		1~9	2	376	34	3	φ1.18		317	0.143	1~6	2
YR180L-4	15	36	278	1 465	48/36	32	2	1.06		1~11	2	403	18	3	φ1.30		369	0.109	1~9	2
YR200L1-4	18.5	36.7	247	1 465	48/36	64	1	1.18		1~11	4	395	16 8	4 1	φ1.40 2×5.6		355 412	0.060 1 0.078	1~9 1~9	2 1
YR200L2-4	22	43.2	243	1 465	48/36	54	1	1.30		1~11	4	425	16 8	4 1	φ1.40 2.24×5.6		385 442	0.065 2 0.083 7	1~9 1~9	2 1
YR225M2-4	30	57.6	360	1 475	48/36	22	3	1.25		1~11	2	458	16 8	6 1	φ1.25 2.5×5.6		416 477	0.58 8 0.073 5	1~9 1~9	2 1
YR250M1-4	37	71.4	289	1 480	48/36	40	2	1.25		1~12	4	506	12 6	8 2	φ1.40 2×5.6		437 501	0.027 7 0.035 6	1~9 1~9	2 1
YR250M2-4	45	85:9	340	1 480	48/36	34	3	1.12		1~12	4	546	12 6	8 2	φ1.40 2×5.6		477 541	0.030 3 0.038 4	1~9 1~9	2 1

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规		绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规		绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
							根数	直径(mm)						根数	直径或(长×宽)(mm)					
YR280S-4	55	103.8	485	1 480	60/48	26	2	1.50	双层叠式	1～14	4	544	12 6	7 2	φ1.40 2×5	双层叠式	499 562	0.048 2 0.059 8	1～12 1～12	2 1
YR280M-4	75	140	354	1 485	60/48	18	1 2	1.40 1.50		1～14	4	644	12 6	7 2	φ1.40 2×5		599 662	0.014 5 0.017 6	1～12 1～12	4 2
YR132M1-6	3	8.2	206	955	48/36	40	1	1.00		1～8	1	218	20	3	φ1.00		223	0.493	1～6	1
YR132M2-6	4	10.7	230	955	48/36	70	1	0.80		1～8	2	288	34	2	φ0.95		263	0.411	1～6	2
YR160M-6	5.5	34.4	244	970	48/36	66	1	1.00		1～8	2	278	34	2	φ1.06		245	0.307	1～6	2
YR160L-6	7.5	17.5	256	970	48/36	50	1	1.18		1～8	2	323	28	2	φ1.13		290	0.242	1～6	2
YR180L-6	11	23.6	310	975	54/36	38	1	1.25		1～9	2	366	28	4	φ1.00		329	0.191	1～6	2
YR200L-6	15	31.8	198	975	54/36	34	1 1	1.06 1.12		1～9	2	365	16 8	2 4 1	1.18 1.25 2.24×5.6		325 388	0.047 6 0.067 1	1～6 1～6	2 1
YR255M1-6	18.5	38.3	187	980	54/36	36	1 1	1.18 1.25		1～9	2	351	16 8	8 1	φ1.25 2.8×6.3		325 371	0.032 3 0.045 1	1～6 1～6	2 1
YR255M2-6	22	45	224	980	54/36	30	1 1	1.30 1.40		1～9	2	381	16 8	8 1	φ1.25 2.8×6.3		335 401	0.035 5 0.048 7	1～6 1～6	2 1

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规 根数	线规 直径(mm)	绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规 根数	线规 直径或(长×宽)(mm)	绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
YR250M1-6	30	60.3	282	980	72/48	18	3 1	1.12 1.18	双层叠式	1~12	2	453	12 6	7 2	φ1.40 2.24×5	双层叠式	407 476	0.0394 0.046	1~8 1~8	2 1
YR250M2-6	37	73.9	331	980	72/48	16	3	1.40		1~12	2	483	12 6	5 3 2	1.30 1.40 2.24×5		437 506	0.041 0.049	1~8 1~8	2 1
YR280S-6	45	87.9	362	985	72/48	14	3 1	1.40 1.50		1~12	2	493	12 6	3 6 2	1.30 1.40 2.5×5.6		448 514	0.0353 0.040	1~8 1~8	2 1
YR280M-6	55	106.9	423	985	72/48	12	3 1	1.50 1.60		1~12	2	533	12 6	9 2	φ1.40 2.5×5.6		499 554	0.038 0.043	1~8 1~8	2 1
YR160M-8	4	10.7	261	715	48/36	92	1	0.9		1~6	2	247	42	2	φ0.95		230	0.443	1~5	2
YR160L-8	5.5	14.2	230	715	48/36	70	1	1.0		1~6	2	292	34	2	φ1.06		275	0.345	1~5	2
YR180L-8	7.5	18.4	255	725	54/36	28	1	1.06 1.12		1~7	2	310	34	1 1	1.25 1.30		287	0.294	1~5	2
YR200L-8	11	26.6	152	735	54/36	44	2	0.95		1~7	2	332	16 8	2 4 1	1.18 1.25 2.2×5.6		313 373	0.046 0.064	1~5 1~5	2 1
YR225M1-8	15	34.5	169	735	54/36	40	2	1.12		1~7	2	344	16 8	8 1	φ1.25 2.8×6.3		314 381	0.0333 0.0463	1~5 1~5	2 1

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规 根数	线规 直径(mm)	绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规 根数	线规 直径或(长×宽)(mm)	绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
YR225M2-8	18.5	42.1	211	735	54/36	32	2	1.30	双层叠式	1~7	2	389	16 8	8 1	φ1.25 2.8×6.3	双层叠式	359 426	0.038 1 0.051 8	1~5 1~5	2 1
YR250M1-8	22	48.7	210	735	72/48	48	1	1.40		1~9	4	406	12 6	7 2	φ1.40 2.24×5		370 443	0.035 8 0.043	1~6 1~6	2 1
YR250M2-8	30	66.1	270	735	72/48	74	1	1.12		1~9	8	456	12 6	7 2	φ1.40 2.24×5		430 493	0.041 0.047	1~6 1~6	2 1
YR280S-8	37	78.2	281	735	72/48	36	3	1.0		1~9	4	440	12 6	9 2	φ1.40 2.5×5.6		414 476	0.031 0.037	1~6 1~6	2 1
YR280M-8	45	92.9	359	735	72/48	28	2	1.40		1~9	4	530	12 6	3,6 2	1.30,1.40 2.5×5.6		494 566	0.039 0.044	1~6 1~6	2 1

表 1-23 YR(IP23)系列三相线绕转子式异步电动机的技术数据(定子电压为380V)

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规 根数	线规 直径(mm)	绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规 根数	线规 直径或(长×宽)(mm)	绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
YR160M-4	7.5	16	260	1 420	48/36	34	1	1.50	双层叠式	1~11	1	283	18	3	1.12	双层叠式	245	0.389	1~9	1
YR160L1-4	11	22.7	275	1 435	48/36	50	2	0.85		1~11	2	313	14	4	1.12		275	0.255	1~9	1
YR160L2-4	15	30.8	260	1 445	48/36	38	2	1.00		1~11	2	348	10	3 1	1.30 1.40		310	0.146	1~9	1

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规 根数	线规 直径(mm)	绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规 根数	线规 直径或(长×宽)(mm)	绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
YR180M-4	18.5	36.7	197	1 425	48/36	40	2	1.12	双层叠式	1~11	2	354	8	1	1.8×5	双层叠式	373	0.088	1~9	1
YR180L-4	22	43.2	232	1 435	48/36	34	1 1	1.18 1.25		1~11	2	374	8	1	1.8×5		393	0.093	1~9	1
YR200M-4	30	58.2	255	1 440	48/36	62	2	0.95		1~11	4	383	8	1	2×5.6		401	0.076	1~9	1
YR200L-4	37	71.8	316	1 450	48/36	50	2	1.00		1~11	4	418	8	1	2×5.6		436	0.083	1~9	1
YR225M1-4	45	87.3	240	1 440	48/36	24	1 3	1.12 1.18		1~12	2	440	6	2	1.8×4.5		439	0.043	1~9	1
YR25M2-4	55	105.5	288	1 450	48/36	40	1 1	1.25 1.30		1~12	4	470	6	2	1.8×4.5		469	0.046	1~9	1
YR250S-4	75	141.5	449	1 450	60/48	14	2 3	1.25 1.30		1~14	2	489	6	2	1.6×4.5		504	0.075	1~12	1
YR250M-4	90	168.8	524	1 460	60/48	12	4 2	1.25 1.30		1~14	2	519	6	2	1.6×4.5		534	0.079	1~12	1
YR280M-4	110	205.2	349	1 460	60/48	24	4	1.25		1~14	4	533	4	2	2.24×6.3		557	0.028	1~12	1
YR280S-4	132	243.6	419	1 460	60/48	20	4	1.40		1~14	4	573	4	2	2.24×6.3		597	0.030	1~12	1

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规 根数	线规 直径(mm)	绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规 根数	线规 直径或(长×宽)(mm)	绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
YR160M-6	5.5	13.2	279	950	54/36	36	2	0.95	双层叠式	1~9	1	256	24	1 1	1.18 1.25	双层叠式	217	0.548	1~6	1
YR160L-6	7.5	17.5	260	950	54/36	58	1	1.00		1~9	1	276	18	3	1.12		237	0.376	1~6	1
YR180M-6	11	25.4	146	940	54/36	46	1	1.40		1~9	2	300	8	1	1.8×4		325	0.097	1~6	1
YR180L-6	15	33.7	187	950	54/36	36	2	1.06		1~9	2	330	8	1	1.8×4		355	0.106	1~6	1
YR200M-6	18.5	40.4	187	950	54/36	36	2	1.18		1~9	2	326	8	1	1.8×5		346	0.082 1	1~6	1
YR200L-6	22	56.3	224	955	54/36	30	1 1	1.30 1.40		1~9	2	356	8	1	1.8×5		376	0.089 2	1~6	1
YR225M1-6	30	61.3	227	965	72/54	38	2	1.12		1~12	3	368	6	2	1.6×4.5		390	0.065	1~9	1
YR225M2-6	37	74.3	287	965	72/54	30	1 1	1.18 1.25		1~12	3	398	6	2	1.6×4.5		420	0.070 4	1~9	1
YR250S-6	45	90.4	307	965	72/54	28	2	1.40		1~12	3	408	6	2	1.8×4.5		428	0.064	1~9	1
YR250M-6	55	108.6	359	970	72/54	24	4	1.06		1~12	3	438	6	2	1.8×4.5		458	0.068	1~9	1
YR280S-6	75	143.1	392	970	72/54	22	3	1.40		1~12	3	448	6	2	2×5		474	0.057	1~9	1
YR280M-6	90	168.7	481	970	72/54	18	3	1.50		1~12	3	503	6	2	2×5		529	0.063 3	1~9	1

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)	额定转速(r/min)	定子/转子槽数(Z_1/Z_2)	定子							转子							
						每槽线数	线规		绕组形式	节距	并联路数	平均半匝长(mm)	每槽线数	线规		绕组形式	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)	节距	并联路数
							根数	直径(mm)						根数	直径或(长×宽)(mm)					
YR160M-8	4	10.6	262	705	48/36	54	1	1.25	双层叠式	1~7	1	226	30	1	1.06 1.12	双层叠式	201	0.839	1~5	1
YR160L-8	5.5	14.4	243	705	48/36	43	1	1.40		1~7	1	246	22	2	1.25		221	0.515	1~5	1
YR180M-8	7.5	19.0	105	690	48/36	70	2	0.90		1~7	2	267	8	1	1.8×4		307	0.092	1~5	1
YR180L-8	11	27.6	140	710	48/36	54	2	1.0		1~7	2	297	8	1	1.8×4		337	0.1	1~5	1
YR200M-8	15	36.7	153	710	48/36	50	2	0.95		1~7	2	288	8	1	1.8×5		326	0.077 3	1~5	1
YR200L-8	18.5	41.9	187	710	48/36	43	2	1.30		1~7	2	318	8	1	1.8×5		356	0.084	1~5	1
YR225M1-8	22	49.2	161	715	72/48	62	1	1.25		1~9	4	321	6	2	1.6×4.5		352	0.052 3	1~6	1
YR225M2-8	30	66.3	200	715	72/48	50	1	1.40		1~9	4	376	6	2	1.6×4.5		406	0.060 5	1~6	1
YR250S-8	37	81.3	218	720	72/48	46	2	1.06		1~9	4	355	6	2	1.8×4.5		385	0.051	1~6	1
YR250M-8	45	97.8	264	720	72/48	38	1 1	1.18 1.25		1~9	4	385	6	2	1.8×4.5		415	0.055	1~6	1
YR280S-8	55	114.5	279	725	72/48	36	1 1	1.30 1.40		1~9	4	390	6	2	2×5		426	0.045	1~6	1
YR280M-8	75	154.4	359	725	72/48	28	1 1	1.50 1.60		1~9	4	445	6	2	2×5		481	0.051 1	1~6	1

1.4 三相异步电动机的维修

1.4.1 三相异步电动机的常见故障原因和处理

三相异步电动机的常见故障原因和处理方法如表 1-24 所示。

表 1-24 三相异步电动机的常见故障原因和处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
电动机不能启动	(1) 电源未接通 (2) 绕组断路、短路、接地、接线错误 (3) 熔丝烧断 (4) 绕线转子电动机启动时误操作 (5) 过电流继电器整定值过小 (6) 立式启动开关油杯缺油 (7) 控制设备接线错误 (8) 转子与定子摩擦 (9) 转子轴弯曲 (10) 供电电网电压低了 (11) 轴承损坏	(1) 检查开关、熔丝、各触点及电动机引线头,并修复 (2) 采用仪表检查,并进行修理 (3) 查出电动机故障并排除后,按规格配新熔丝 (4) 检查集电环短路装置及启动变阻器位置。启动时隔开短路装置,串接变阻器 (5) 适当调大整定值 (6) 加新油,达到油面标线止 (7) 校正设备接线 (8) 校正转子中心线;锉去定子、转子内外圆上的硅钢片突出部分或更换轴承 (9) 将转子在车床上用千分表找正后,针对具体情况,将转子铁芯或轴修复重校平衡 (10) 检查电网电压和启动时电动机的端电压 (11) 更换轴承,加强润滑

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机接入电源后熔丝被烧断或自动空气开关跳闸	(1) 电动机缺相启动 (2) 定、转子绕组接地或短路 (3) 电动机负载过大或被机械部分卡住 (4) 熔丝截面积过小 (5) 绕线转子电动机所接的启动电阻太小或被短路 (6) 电源至电动机之间的连接线短路	(1) 检查电源线、电动机引出线、熔断器、开关各触头，找出断线或假接故障后，进行修复 (2) 采用仪表检查，并进行修理 (3) 将负载调至额定值，排除被拖动机构的故障 (4) 选择规格配置熔丝 (5) 消除短路故障或增大启动电阻 (6) 检查短路点后，进行修复
电动机通电后，电动机不能启动运转，并嗡嗡响	(1) 极数改变重绕的电动机槽配合选择不当 (2) 定、转子绕组断路 (3) 绕组引出线始末端接错或绕组内部接线接反 (4) 电动机负载过大或被卡住 (5) 三相电源缺相，未能全部接通 (6) 电源电压过低 (7) 电动机的润滑脂过硬、变质或轴承装配过紧	(1)选择合理的绕组形式和节距;适当车小转子直径 (2) 查明断路点，进行修复，检查绕线转子电刷与集电环接触状态;检查启动电阻是否断路或电阻过大 (3) 检查绕组始末端(可用冲击直流检查极性)，判定绕组始末端是否正确 (4) 对负载进行调整，并排除机械故障 (5) 更换熔断的熔丝，紧固松动的接线螺钉;用万用表检查电源线某相断线或虚接故障后，进行修复

续表

故障现象	产生原因	处理方法
		(6) 三角形连接误接成星形连接时,应改正;电源电压过低时,应与供电部门联系解决;配线电压降太大时,应改用粗电缆线 (7) 更换合适的润滑脂;检查轴承装配尺寸,并使之合理
电动机外壳带电	(1) 电源线与接地线接错 (2) 电动机绕组受潮、绝缘老化 (3) 引出线与接线盒接地 (4) 线圈端部接触端盖接地	(1) 纠正接线错误 (2) 将电动机进行干燥处理。老化的绕组绝缘应更新或绕组重绕 (3) 包扎或更新引出线绝缘,修理接线盒 (4) 拆下端盖,检查绕组接地点;将接地点绝缘加强,端盖内壁垫以绝缘纸
电动机空载或加上负载时,电流表指针不稳、摆动	(1) 绕线转子电动机有一相电刷接触不良 (2) 绕线转子集电环的短路装置接触不良 (3) 笼型转子鼠笼条开焊或断条 (4) 绕线转子绕组一相断路	(1) 调整刷压和改善电刷与集电环的接触面 (2) 检查和修理集电环的短路装置 (3) 采用开口变压器或用其他方法检查,并给予修复 (4) 采用校验灯或万用表检查断路处,并排除故障

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机启动困难；加上额定负载后，电动机的转速比额定转速低	(1) 电源电压过低 (2) 电动机绕组三角形连接误接成星形连接 (3) 绕线转子电刷或启动变阻器接触不良 (4) 定、转子绕组有局部线圈接错或接反 (5) 绕组重绕时，匝数过多 (6) 绕线转子一相断路 (7) 电刷与集电环接触不良	(1) 用电压表检查电动机输入端的电源电压。确认电源电压过低后进行调整 (2) 改为三角形连接 (3) 检修电刷和启动变阻器的接触部位 (4) 检查出故障线圈后进行正确接线 (5) 按正确的匝数重绕 (6) 用校验灯或万用表检查断路处，然后排除故障 (7) 改善电刷与集电环的接触面积，研磨电刷工作面，调刷压和车削集电环表面等
电动机的绝缘电阻降低	(1) 绕组受潮或被水淋湿 (2) 绕组绝缘粘满粉尘、油垢 (3) 电动机接线板损坏，引出线绝缘老化破裂 (4) 绕组绝缘老化	(1) 进行加热烘干处理 (2) 清洗绕组油污，并经干燥、浸渍处理 (3) 重包引线绝缘，更换或修理出线盒及接线板 (4) 经鉴定可重绕线圈，如能继续使用时，要经清洗、干燥绝缘处理

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机发生不正常的振动	(1) 轴承磨损,轴承间隙不合要求 (2) 气隙不均匀 (3) 机壳强度不够 (4) 铁芯变椭圆形或局部突出 (5) 转子不平衡 (6) 基础强度不够,安装不平,重心不稳 (7) 风扇不平衡 (8) 绕线转子绕组短路 (9) 定子绕组故障(短路、断路、接地、接错) (10) 转轴弯曲 (11) 铁芯松动 (12) 联轴器或皮带轮安装不符合要求 (13) 齿轮接合松动 (14) 电动机地脚螺栓松动	(1) 更换轴承 (2) 调整气隙,使其符合规定 (3) 找出薄弱点,加固并增加机械强度 (4) 车或磨铁芯内、外圆 (5) 紧固各部螺钉,加固后进行校动平衡工作 (6) 加固基础,将电动机地脚找平固定,重新找正,使重心平稳 (7) 校正几何尺寸,找平衡 (8) 用开口变压器检查短路点,并进行处理 (9) 采用仪表检查,并处理好故障 (10) 矫直转轴 (11) 紧固铁芯和压紧冲片 (12) 重新找正,必要时重新安装 (13) 检查齿轮接合,进行修理,并使其符合要求 (14) 紧固电动机地脚螺栓或更换不合格的地脚螺栓

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机空载运行时三相电流不平衡，相差很大	(1) 三相绕组匝数分配不均 (2) 绕组首末端接错 (3) 电源电压不平衡 (4) 绕组有故障（匝间短路、线圈组接反） (5) 绕组接头有局部虚焊或断线处	(1) 重绕并改正 (2) 查明首末端，并改正 (3) 测量三相电源电压，查出不平衡原因并消除 (4) 解体检查绕组故障，并消除 (5) 测量直流电阻或加大电流查找发热点，并消除
电动机的三相空载电流平衡但大于正常值	(1) 重绕时，线圈匝数少 (2) 星形接线错接为三角形连接 (3) 电源电压过高 (4) 电动机装配不当（如转子装反，定、转子铁芯未对齐，端盖螺钉固定不对称，使端盖偏斜或松动等） (5) 气隙不均或增大 (6) 拆线时烧损铁芯，降低了导磁性能 (7) 电网电压频率降低或频率是60Hz的电动机使用在50Hz的电源上	(1) 重绕线圈，加大匝数 (2) 改正接线 (3) 测量电源电压，并设法降低电压 (4) 检查装配质量，消除故障 (5) 调整气隙使均匀。过大的气隙可调整线圈匝数 (6) 修理铁芯，或重绕线圈增加匝数 (7) 检查电源质量，并与电动机铭牌一致

续表

故障现象	产生原因	处理方法
绕线转子电动机集电环过热，出现大的火花	(1) 集电环为椭圆或偏心 (2) 电刷压力太小或刷压不均 (3) 电刷被卡在刷握内，使电刷与集电环接触不良 (4) 电刷牌号不符 (5) 集电环表面有污垢，表面粗糙度不符合要求，导电不良 (6) 电刷数目不够或截面积过小	(1) 将集电环磨圆或车光 (2) 调整刷压，使其符合技术要求 (3) 修磨电刷，使电刷在刷握内配合间隙正确 (4) 采用制造单位规定的牌号电刷或选性能符合制造单位要求的电刷 (5) 清除污物，用干净布蘸汽油擦净集电环表面，并清除漏油故障 (6) 增加电刷数目或增加电刷接触面积，使电流密度符合技术要求
电动机运行时的噪声大	(1) 重绕改变极数时，槽配合不当 (2) 转子摩擦绝缘纸或槽楔 (3) 轴承间隙过小磨损，轴承有故障 (4) 定、转子铁芯松动 (5) 电源电压过高或三相不平衡 (6) 定子绕组接错 (7) 绕组有故障(如短路等)	(1) 校正定、转子槽配合 (2) 应修剪绝缘纸或检修槽楔 (3) 检修或更换新轴承 (4) 紧固铁芯冲片或重新叠装 (5) 检查原因，并进行处理 (6) 用仪器检查后进行处理 (7) 检查后，对故障线圈进行处理 (8)重新绕线，改正匝数，使三相绕组匝数相等 (9) 清洗轴承，填加适量润滑脂

续表

故障现象	产生原因	处理方法
	(8) 线圈重绕时，每组匝数不均 (9) 轴承缺少润滑脂 (10) 风扇碰风罩或风道堵塞 (11) 气隙不均匀，定转子相擦	(10) 修理风扇和风罩，使其几何尺寸正确，清理通风道 (11) 调整气隙，提高装配质量
电动机的轴承温度超过规定值	(1) 润滑油（脂）过多或过少 (2) 油质不好，含有杂质 (3) 轴承与轴颈配合过松或过紧 (4) 轴承与端盖轴承室配合过松或过紧 (5) 油封太紧 (6) 轴承内盖偏心与轴承相擦 (7) 电动机两侧端盖或轴承盖没有装平 (8) 轴承有故障、磨损，轴承内含有杂物 (9) 电动机与传动机构连接偏心，或传动带拉力过大	(1) 拆下轴承盖，调整油量 (2) 更换新油 (3) 过松时，可采用农机2胶黏剂处理；过紧时，适当车细轴颈，使配合公差符合要求 (4) 在轴承室内涂农机2胶黏剂，解决过松问题；过紧时，可车削端盖轴承室 (5) 更换或修理油封 (6) 修理轴承内盖，使其与转轴间隙适合 (7) 按正确工艺将端盖或轴承盖装入止口内，然后均匀紧固螺钉 (8) 更换轴承，对于含有杂质的轴承要彻底清洗，换油 (9) 校准电动机与传动机构连接的中心线，或调整传动带的张力

续表

故障现象	产生原因	处理方法
	(10) 轴承型号选小,过载,滚动体承载过重 (11) 轴承间隙过大或过小 (12) 滑动轴承的油环转动不灵活	(10) 更换合适的新轴承 (11) 更换新轴承 (12) 检修油环,使油环尺寸正确,校正平衡
电动机运行时过热或冒烟	(1) 电源电压过高,使铁芯过饱和,造成电动机温升超限 (2) 电源电压过低,在额定负载下电动机温升过高 (3) 拆线圈时,铁芯被烧伤,使铁损耗增大 (4) 定、转子铁芯相擦 (5) 线圈表面粘满污垢或油泥,影响电动机散热 (6) 电动机过载或拖动的机械设备阻力过大 (7) 电动机频繁启、制动和正反转 (8) 笼型转子断条,绕线转子绕组接线开焊,电动机在额定负载下转子发热,使温升过高	(1) 与供电部门联系,解决电源电压过高问题 (2) 如果因电压降引起,应更换较粗的电源线;如果电源本身电压低,可与供电部门联系解决 (3) 做铁损耗试验,检修铁芯,排除故障 (4) 查找并排除故障(如更换新轴承,调轴,处理铁芯变形等) (5) 清扫或清洗绝缘表面的污垢 (6) 排除机械故障,减少阻力,或降低负载 (7) 更换合适的电动机或减少正反转和启动、制动次数 (8) 查明断条和开焊处,重新补焊 (9) 用开口变压器和摇表检查,并排除 (10) 检查冷却水装置是否有故障,检查环境温度是否正常,并解决好

续表

故障现象	产生原因	处理方法
	(9) 绕组匝间短路和相间短路,以及绕组接地 (10) 进风或进水温度过高 (11) 风扇有故障,通风不良 (12) 电动机两相运行 (13) 绕组重绕后,绝缘处理不好 (14) 环境温度增高或电动机通风道堵塞 (15) 绕组接线错误	(11) 检查电动机风扇是否有损伤,扇片是否破损和变形,并处理好 (12) 检查熔丝、开关触点,并排除故障 (13) 采取浸两次以上绝缘漆的方法,最好采取真空浸漆处理 (14) 改善环境温度,采取降温措施;隔离电动机附近的高温热源;使电动机不在日光下曝晒 (15) 星形连接绕组误接成三角形连接或相反时,均要改正过来

1.4.2　电动机定子绕组接地的原因与检修

电动机定子绕组接地,是指因绕组与铁芯或绕组与机壳之间的绝缘破坏而引起的接地现象。绕组接地后会使机壳带电、绕组发热,从而导致短路,使电动机无法正常运行。

1. 定子绕组接地故障的原因

(1) 定子绕组受潮。长期备用的电动机,经常由于受潮而使绝缘电阻值降低,甚至失去绝缘作用。

(2) 绕组的绝缘老化。电动机使用日久或长期过负载运行后,使绕组绝缘物因长久受热而焦脆,以致开裂、分层、脱落。

(3) 绕组制造工艺不良,导致绕组绝缘性能下降。

(4) 绕组线圈重绕后,在嵌线过程中,由于操作上的疏忽大

意,使绕组绝缘物擦伤或擦破,或使槽绝缘移位,致使导线和铁芯相接触。

(5) 铁芯的硅钢片松动,或有尖刺等原因,从而损坏了绕组绝缘物。

(6) 转子扫膛,即转子和定子铁芯相擦,使铁芯局部过热,烧坏槽楔和绝缘。

(7) 绕组端部过长,并和端盖相碰。

(8) 绕组在槽内松动,或绕组端部绑扎不良,使绝缘磨损或折断。

(9) 引出线绝缘损坏,并和机壳相碰。

(10) 绕组绝缘因受雷击或因电力系统过电压击穿而损坏等。

2. 检查定子绕组接地故障的方法

(1) 观察法

定子绕组的接地故障经常发生在绕组端部或铁芯槽口的部分,而且绝缘常有破裂和烧焦发黑的痕迹。因此,当电动机拆开后,可先在这些地方寻找接地处。如果引出线和这些地方没有接地的迹象,则接地处可能在槽里。

(2) 用兆欧表检查

先将星形连接或三角形连接的各相绕组的连线拆开,然后根据电动机的电压等级选择不同电压等级的兆欧表,一般6kV以上的电动机采用2 500V的兆欧表,3kV的电动机采用1 000V的兆欧表,其他低压电动机应用500V的兆欧表。测量时,兆欧表的一条线接电动机绕组,另一条线接电动机机壳。按120r/min的速度转动摇柄,若指针指在“0”位,则说明该相绕组有接地故障;若

指针摇摆不定，则表明绝缘已被击穿损坏。

（3）用万用电表检查

在检查前，先把三相绕组之间的连接线拆开，使各相绕组互不接通，然后将测量电阻的旋钮转到 R×10kΩ 的量程上，一根测试棒与绕组的一端相接，而另一根与机壳相接。如测得电阻很小或为零，则表明该相绕组有接地故障存在；如测得电阻很大，则表明该相绕组没有接地故障。

（4）用试灯检查

如图 1-13 所示，将出线板上的连接片摘掉，将试灯的地线接在机壳上，在火线上串联一个 220V、100～200W 的灯泡，灯泡的另一根接线分别与每相绕组的引出线相接。若灯泡不亮，则说明绕组绝缘良好；若接触到某一相的引出线时灯泡发亮，则表明该相绕组接地。这时可把试灯火线与接地这一相绕组的引出线连接在一起，把原来接在机壳上的地线改为断续地与机壳接触。这样在铁芯槽口可能产生火花或冒烟，而产生火花或冒烟的位置便是接地点；若试灯暗红，则表明该相绕组严重受潮。

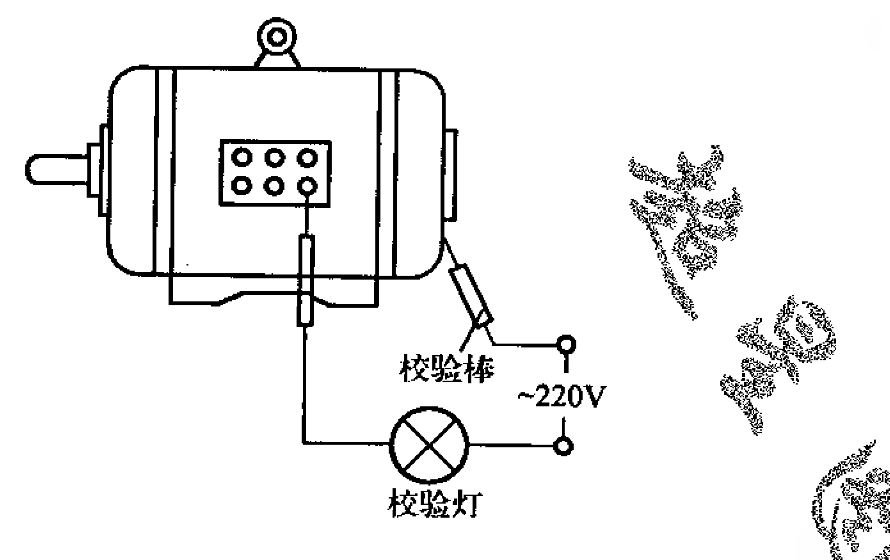


图 1-13　用试灯检查定子绕组的接地故障

但采用这种方法时,要特别注意安全。操作者要穿绝缘鞋,戴绝缘手套,人体不要接触铁芯。试灯在停止使用时应立即切断电源。

(5) 用冒烟法检查

在铁芯与线圈之间加一低电压,并用调压器来调节其电压,限制电流在5A以内,以防烧损铁芯。当电流通过接地点时,烧损绝缘的地方将冒出白烟,甚至产生火花。

(6) 分段淘汰法检查

如果接地点位置的不易发现时,可采用这种方法进行检查。这时应首先确定接地的线圈组,然后在线圈组的连接线中间位置上剪断或拆开,使该相分成两半,再分别用试灯检查,灯泡亮的一半有接地故障存在。再把接地的该部分绕组分成两部分,分别进行测试。以此类推分段淘汰,逐步缩小检查范围,最后就可以找到接地的线圈。

3. 为了准确找到定子绕组的接地点,也可采用下列方法进行检查

(1) 给接地的线圈通入低压交流电加热,待绝缘软化后打出槽楔,再重新用试灯接在该线圈与机壳之间。因线圈接地,故灯泡发亮。这时用划线板撬动伸出槽口处的线圈,若灯泡突然熄灭,则表明接地的位置在槽口;若这时灯光闪烁,则说明撬动线圈的位置有可能接地。

(2) 如果灯泡一直亮着,则用划线板将接地线圈上层边的槽垫分开,把几根导线翻出槽外,使槽内导线数减少,以便撬动槽内导线时,有活动空间。若当撬动到槽内某一个位置上时,灯泡突然熄灭,则说明该位置是接地点,即接地点在上层边槽内。

(3) 如果经过撬动,在上层边槽内没有发现接地点,便要检查接地线圈的下层边。这时为了便于寻找接地点,需要把线圈的上层边全部翻出槽外,按上述检查接地点的方法,检查下层边的接地点。

4. 定子绕组接地后的修理方法

定子绕组接地后,只要故障的程度较轻,又便于查找和修理时,都可以进行局部修理。

1) 槽口接地的修理方法

如果接地点在槽口附近的地方,而且没有严重烧伤时,则可以按以下步骤进行修理:

(1) 在接地的绕组中,通入低压电流加热,在绝缘软化后打出槽楔。

(2) 用划线板把槽口的接地点撬开,使导线与铁芯之间产生间隙,再将与电动机绝缘等级相同的绝缘材料(E级电动机可用0.3mm厚的环氧酚醛玻璃布板3240,B级电动机可用天然云母板等)剪成适当的尺寸,插入接地处的导线与铁芯之间,再用小锤子轻轻地将其打入,然后将槽垫对折后,再打入。

(3) 在接地处垫放绝缘以后,再将绝缘纸对折起来放在槽垫上面,最后打入槽楔。

2) 槽内接地的修理方法

槽内接地可分为线圈上层边接地和下层边接地。如果是线圈上层边接地,则可按下述步骤修理:

(1) 在接地的线圈中通入低压电流加热,待绝缘软化后,再打出槽楔。

(2) 用划线板将槽绝缘分开,在接地的一侧,按线圈排列的顺序,从槽内翻出一半线圈。

(3) 使用与电动机绝缘等级相同的绝缘材料(如E级电动机可用聚酯薄膜青壳纸),将其垫放在槽内接地的位置上。

(4) 按线圈排列顺序,把翻出槽外的线圈再嵌入槽内。

(5) 滴入绝缘漆,并通入低压电流加热、烘干。

(6) 将槽绝缘对折起来,放上对折的绝缘纸,再打入槽楔。

3) 如果是下层边接地,因下层边的上层线圈在检查寻找接地点时,已经翻出槽外,所以可参照线圈上层边接地的修理方法进行修理:

(1) 在线圈内通入低压电流加热。

(2) 待绝缘软化后,即撬动接地点,使导线与铁芯之间产生间隙,然后清理接地点,并垫进绝缘。

(3) 用试灯或兆欧表等检查故障是否消除。

(4) 如果接地故障已经消除,则按线圈排列顺序将下层边的线圈梳理好,再垫放层间绝缘,然后嵌进上层线圈。

(5) 滴入绝缘漆,然后通入低压电流加热、烘干。

(6) 将槽绝缘对折起来,放上绝缘纸,再打入槽楔。

槽内接地,有时是由于铁芯槽内有一片或几片硅钢片凸出来把绕组绝缘割破而造成的。这时可把凸出的硅钢片用锉刀锉去或敲下去,再垫放绝缘薄板(如环氧酚醛玻璃布板等),并把导线割破绝缘的地方重新包扎绝缘即可。

4) 绕组端部接地的修理方法

(1) 先把损坏的绝缘物刮掉并清理干净。

(2) 将电动机(定子)放进电热鼓风恒干燥箱进行加热,使绝缘软化。

(3) 用硬木做成的打板对绕组端部进行整形修理。整形时,

用力要适当,以免损坏绕组的绝缘。

(4) 在故障处包扎新的绝缘等级相同的绝缘,再涂刷绝缘漆,并进行干燥处理。

1.4.3　电动机定子绕组短路的原因与检修

绕组短路多见于匝间短路(同一只线圈里导线之间短路)、极相组短路(同一个极相组的两个引出线或线圈间短路)、相间短路(两相绕组之间短路)。

定子绕组短路后,三相电流不平衡,会使电动机振动和噪声加剧,甚至使绕组烧毁。

1. 绕组短路的原因

(1) 绕组绝缘严重受潮,未经烘干就直接运行。

(2) 电动机长期在过载下运行,绕组中电流过大,使绝缘老化焦脆,失去绝缘作用。

(3) 电源电压过高,绕组间的连接线或引出线绝缘不良。

(4) 机械损伤,嵌线时操作不慎,将电磁线外层绝缘损坏。

(5) 绕组的层间绝缘、相间绝缘没有垫好等。

2. 绕组短路的检查方法

(1) 外部观察和探温检查

这种检查方法就是将电动机空载运行几分钟,如有焦臭味或冒烟现象,则立即停止运行,迅速拆开电动机,抽出转子,察看冒烟部位,并用手探测绕组各部温度,如果有一个或一组线圈比其他的热,即表示该线圈存在短路故障。

(2) 检查绝缘电阻

可用兆欧表检查任何二相绕组间的绝缘电阻,若绝缘电阻

低，则表明该二相短路。

(3) 测量三相电流(对笼型电动机)

可先将电动机空载运行，测量其三相电流，再调换两相电源，作第二次空载运行，进行校验。若电动机的电流不随电源调换而改变，则较大电流的一相绕组可能有短路故障。

(4) 测量电压降

把有故障的一相绕组的各极相组连接线的绝缘剥开，在这相绕组的出线端通入低压交流电，电压一般为 50 ~ 100V。然后测量各极相组的电压降，如读数相差较大，则最小的即为短路故障的极相组。同理测出读数最小的线圈即为短路线圈，如图 1-14 所示。

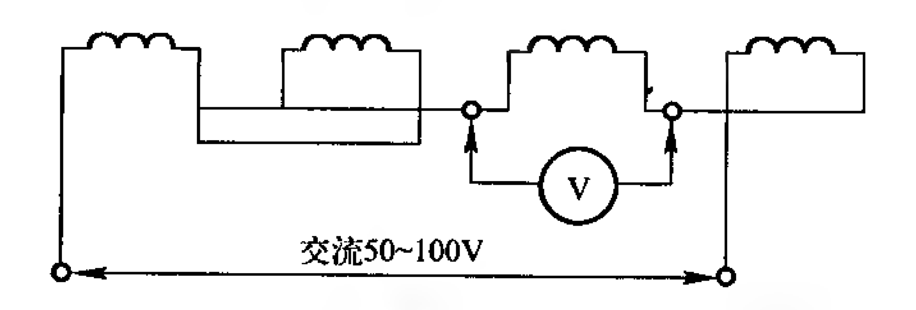
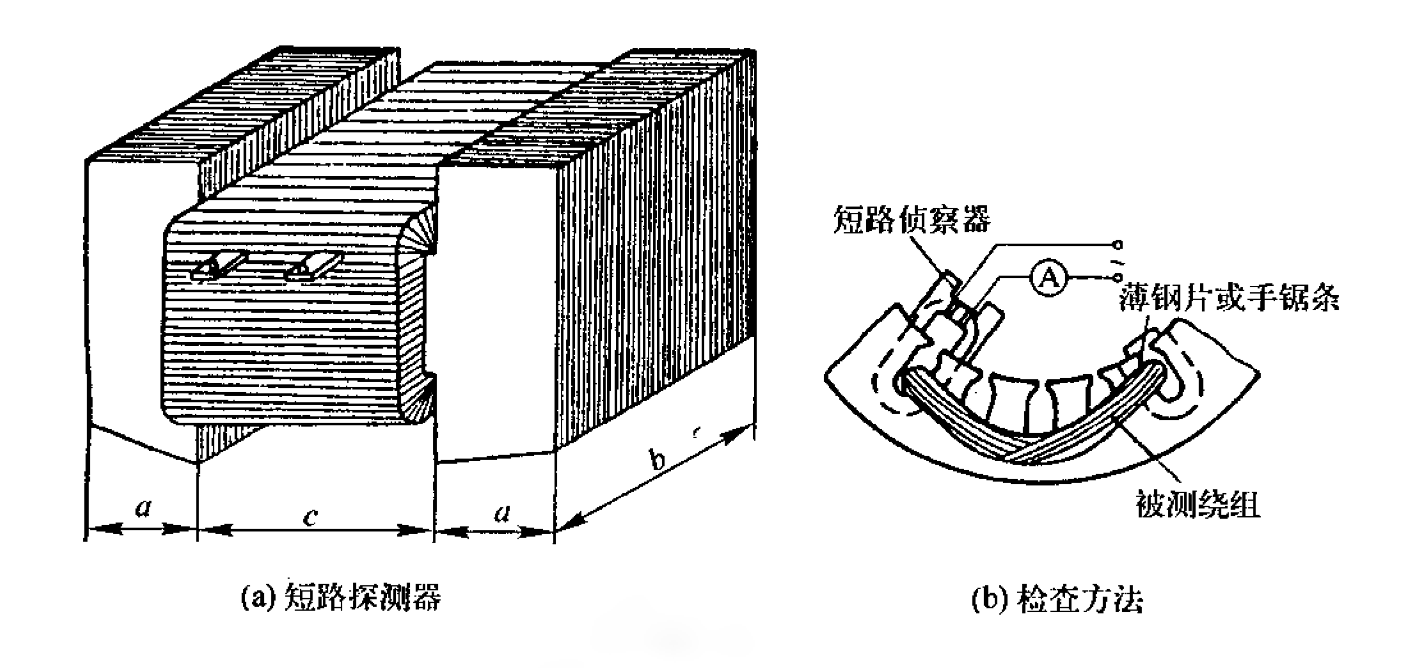


图 1-14　利用测量电压降判断短路线圈

(5) 用短路探察器检查绕组匝间短路

将探察器开口部分放在被检查的定子铁芯槽口上，并在探察器线圈上串接一只电流表，再接到探察器规定的电源上，如图 1-15所示。

然后将其沿各槽口逐渐移动，若槽内的线圈无短路现象，则电流表读数较小；若槽内线圈有短路故障，则电流表的读数就增大。这时也可用一小铁片或旧钢锯片放在被测线圈另一有效边所在的槽口，若被测线圈短路，小铁片就会振动，并发出吱吱声。



(a) 短路探测器　　(b) 检查方法

图 1-15　用短路探察器检查绕组匝间短路

(6) 电阻检查法

采用电桥或万用表测量各相绕组的直流电阻。阻值较小者，可能是短路绕组。测量的方法是：

① 如被测电动机有 6 个出线头，首先用万用表的电阻挡(R×1 挡)找出每相绕组的两个线端，然后用直流电桥分别测量各相绕组的直流电阻值，并将它们加以比较，其中电阻值较小的一相，便是可能存在短路故障的一相。

② 如果被测电动机有 3 个出线端，即星形连接，星点留在电动机内部。此时可用电桥分别测出 U—V、V—W、W—U 间的直流电阻，如图 1-16 所示。

如果测得 U—V 和 W—U 间的直流电阻比 V—W 间的直流电阻小，则表明第一相内部存在短路故障。如果 3 次测得的直流电阻都相等，则表明不存在短路故障。

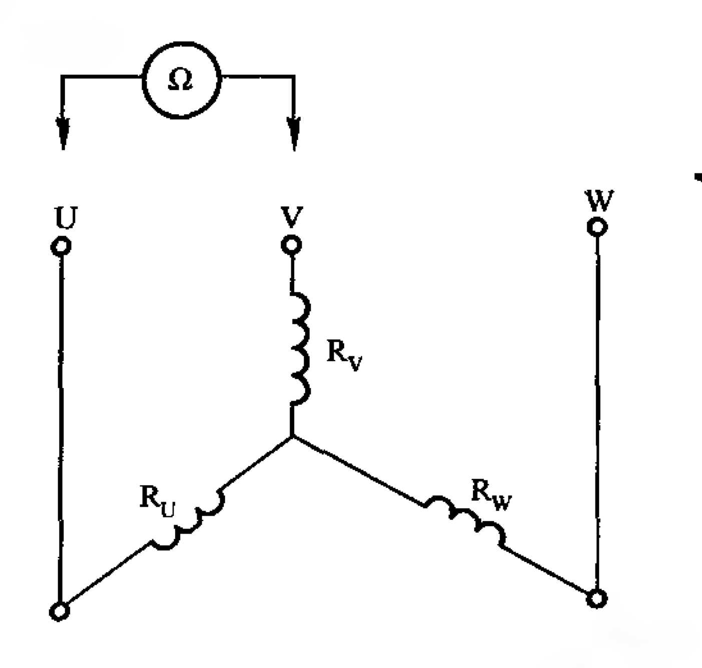


图 1-16　星形连接时直流电阻的测量

③ 如果电动机绕组是三角形连接的，有 3 个出线端（内部接成三角形）。则用电桥先分别测量 U—V，V—W，W—U 间的直流电阻值，如图 1-17 所示。

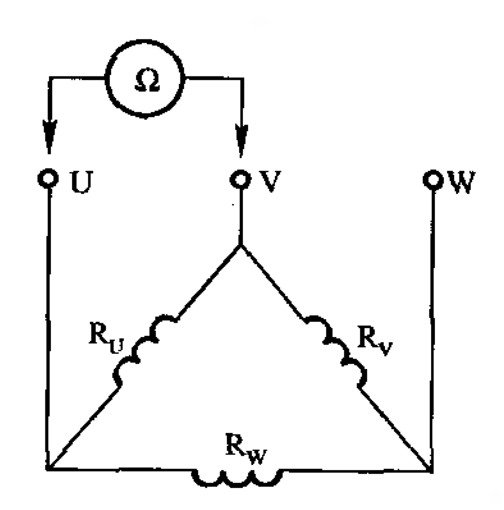


图 1-17　三角形连接时直流电阻的测量

然后加以比较，如果直流电阻值都一样，说明存在短路故障的可能性很小；如果直流电阻值不一样，则直流电阻值最小的一

相绕组很可能存在短路故障。

3. 绕组短路的修理方法

定子绕组短路,主要是相间短路或匝间短路。短路的原因,通常是由匝间或相间绝缘损坏造成。在查明短路故障后,应分情况进行修理。如果绕组没有烧毁,一般可以采用重新恢复局部绝缘的方法进行修理;如果是绕组的个别线圈烧毁,就需要局部调换线圈。

(1) 相间短路

相间短路是指单层交叉或绕组端部相间短路,其修理方法是将短路的绕组加热软化后,用划线板撬动线圈端部,使相间出现间隙,使用与电动机耐温同等级的绝缘聚酯薄膜垫在绕组端部"1"与"2"绕组之间,即短路点的位置上,再涂上气干绝缘漆。

双层绕组相间短路主要发生在槽内的相间。其修理方法可参考撤换线圈的方法,即将上层线圈从槽内翻出,重新垫相间绝缘,再将翻出的线圈嵌入槽内。

(2) 匝间短路

如果匝间短路点在线圈外部,可用绝缘带将每根绝缘破裂的导线包扎起来。包扎前要对线圈通电流加热,将线圈软化后,用划线板将绝缘破裂的导线全部撬起来。然后用漆包带包扎每一根导线,或是用聚酯薄膜垫在两短路匝之间,并用其他导线将薄膜压紧防止滑动。最后涂上气干绝缘漆。

如果匝间短路严重或是短路点在线圈的内部无法修理时,应用调换线圈的方法,换上一只新线圈。

（3）调换线圈

调换线圈有以下几种方法。

① 如果是同心式绕组的上层线圈烧坏，只要把绕组加热至80～100℃，使绝缘软化，然后打出槽楔，将故障线圈拆出来，再仿制一个相同规格的新线圈，嵌入原来的线槽，并打好槽楔即可。

② 对于同心式绕组的底层线圈及双叠绕组线圈，可采用穿线修理法。即先把电动机绕组适当加热软化，然后将损坏的线圈一端剪断，由另一端将导线逐根全部抽出槽外，垫好新的绝缘。用一根长度比原线匝总长度稍长，但规格相同的新电磁线，来回地穿绕在原线圈槽里。当穿入一些线匝后，用工具压紧已穿入的导线，再继续穿绕，尽可能地使穿绕的匝数接近原匝数。

另一种方法是先对调换的线圈和叠压在该线圈上边的所有线圈通电加热，使绝缘软化。然后打出槽楔，翻出压在故障线圈上层的所有线圈，取出底层线圈，再仿制一只新线圈，嵌入原来的线槽内，打好槽楔即可。

③ 对于单层链式或交叉式绕组，可在拆除故障线圈之后，把位于上面的线圈端部压下来，再仿制一组与原线圈导线直径和匝数相同的新线圈，从绕组表面嵌入原来的线槽内。

（4）跳接法

有时遇到电动机急需使用，一时来不及修理时，可把短路的线圈跳过不用。即将故障线圈在端部剪断，包好绝缘，然后用导线把这个线圈的原两个线头连接起来，跳过这个线圈，如图1-18所示。

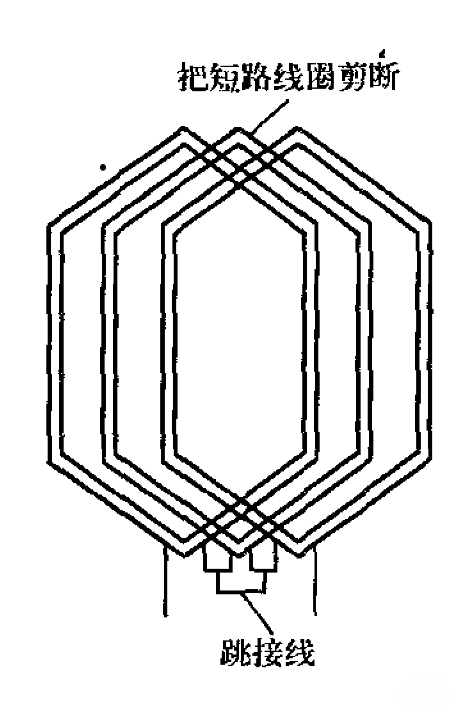


图 1-18　用跳接方法应急排除短路线圈故障

1.4.4　电动机定子绕组断路的原因与检修

电动机定子绕组的导线、连接线、引出线等断开或接线头松脱时,就会造成断路故障。

1. 定子绕组断路故障的现象

当定子绕组中有一相断路,电动机接至三相电压时,就会发出"嗡嗡"声,启动困难(有时看到转子左右摇摆),甚至不能启动。当电动机带一定负载运行时,若突然有一相断路,电动机可能还会继续运转,但其他两相绕组中的电流要增大,并发出"嗡嗡"声。如果负载较大,在几分钟内就会发现定子绕组温度迅速升高,甚至冒烟,并会产生特殊的气味,而电动机停止运转后便再也启动不起来了。

有些电动机绕组内部是两条支路并联或绕组为三角形连接,

如果其绕组只断了一路，仍能启动运行，但转速达不到额定值，转矩减小，三相电流不一样大，并伴有不正常的响声。

2. 定子绕组断路故障的检查方法

（1）用万用表测试

将万用表的两根测试棒与各相绕组两端相接，选择开关放到电阻挡，然后检查各相是否通路，若有一相不通，则表明该相断路。然后分别测试该相各线圈组的首尾两端，若一线圈不通，即表明该线圈组断路，如图 1-19 所示。

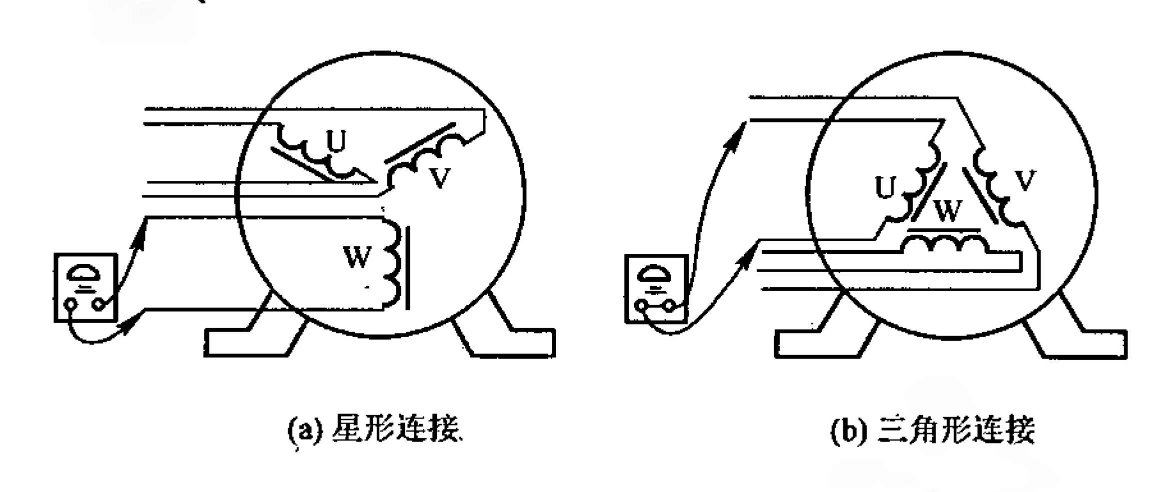


图 1-19　用万用表测试绕组的断路故障

（2）用试灯检查

这种方法与用万用电表测试的方法相同。灯泡发亮说明绕组正常，灯泡不亮则说明绕组断路，如图 1-20 所示。

（3）测量三相电流

对三相绕组通入低压大电流，然后测量其三相电流，若三相电流相差大于 5%，则电流小的一相为断路。

（4）测量直流电阻

用电桥测量三相绕组的直流电阻，如三相直流电阻值相差大于 2% 时，电阻较大的一相即为断路。

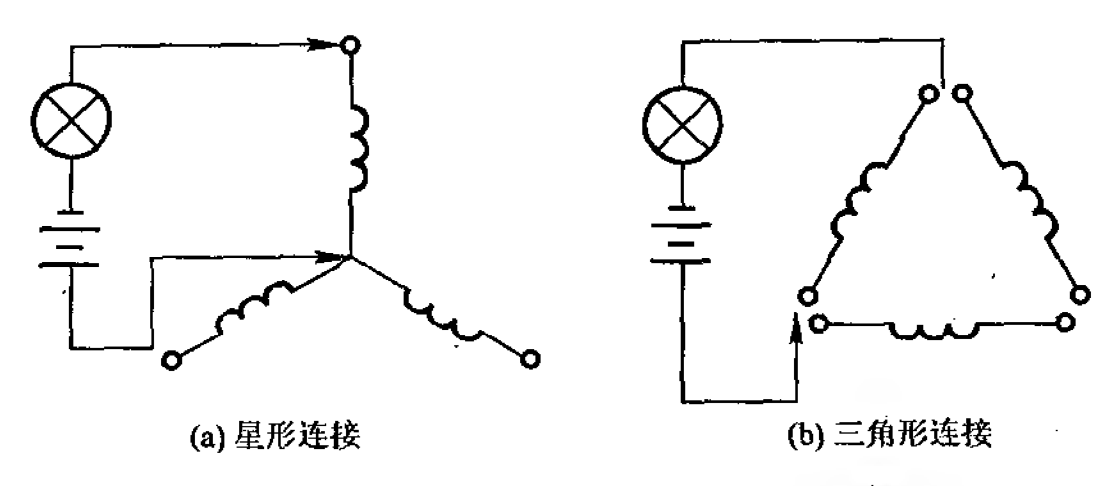


图1-20　用试灯检查绕组的断路故障

3. 定子绕组断路的修理方法

绕组断路，多由焊接不良或机械损伤所造成，也有因接地、短路烧断导线造成断路的。因此，绕组断路的位置多发生在绕组端部，线圈接头及绕组与引出线的连接处。

绕组断路的修理方法如下。

（1）绕组焊接不良的修理方法

绕组焊接不良时，可拆去包扎的绝缘物，脱开接头，仔细清理，去除接头上的油污或其他焊渣。如原用锡焊焊的，则先进行搪锡，再用烙铁重新焊接。如原是铜焊，则在接头之间夹放 BN-15 银焊片，然后进行电阻钎焊；或用“料 303”做焊料，进行气焊。但气焊容易损坏相邻的绕组绝缘，电阻钎焊则不会损坏绝缘。

（2）引出线断路的修理方法

引出线断路，可重新换线或将引出线缩短，重新焊接接头。

（3）槽内线圈断线的修理方法

如果是槽内线圈断线，则打出槽楔，翻出断路线圈，然后进行焊接，并包好绝缘，再嵌回原线槽。也可以采用前述调换线圈的方法调换新的线圈。

（4）定子绕组端部断路的修理方法

绕组端部断路时，可将断的导线重新连接，焊好，并包好绝缘。具体方法如下。

① 绕组端部有一根断线时，可采用电吹风机对断线处加热，软化后把断头端挑起来，刮掉断头端的绝缘层，然后用0.5mm左右厚的紫铜皮，弯在导线上制成与导线直径相应的套管，套管的长度约为导线直径的8倍。然后将两个线端插入套管内，并顶接在套管的中间位置，进行焊接。如果线短不能顶接，则要再剪一段导线，将其去掉绝缘层后连接在两接头端的中间，焊接后包扎绝缘或将接线前穿好的绝缘套管移在接线位置上，作为接线后的绝缘。还要检查邻近的导线，如有损伤要采用接线或包扎绝缘处理。

② 绕组端部有多根断线时，必须首先细心查出哪两根断线对应相接，否则接线后将自行短路。然后可再采用单根断线的修理方法。

1.4.5 电动机定子绕组绝缘不良的处理

1. 绕组绝缘不良

电动机的使用寿命与许多因素有关，但最主要还是取决于电动机绕组的绝缘状况。在正常运行和良好的维护条件下，电动机的绝缘寿命不少于15年。对一些大容量的电动机，因设计留有较多裕度，则其寿命可在20年以上。

绕组绝缘不良，一般是指绕组绝缘电阻小于0.5MΩ，或绝缘松散、绝缘破损等。

绕组绝缘不良的原因，一般有受潮、浸水、绝缘表面和缝隙中有炭粉、油污、积尘，以及受化学气体腐蚀、过热等。

另外,电动机在长期运行后,绝缘性能渐趋劣化,即所谓绝缘老化。电动机绝缘的主要老化因子有:热因子(T)、电因子(E)、机械因子(N)和环境因子(O),通常称其为TEON因子。

(1) 热老化

它是由热因子引起的。绝缘材料在运行中,因长期受热会产生各种物理和化学变化(如挥发、裂解、起层、龟裂等),导致材料变质而劣化。热老化的速度和绝缘受热温度密切相关,温度越高老化越快。此外,电动机由于启动、运行和停机,会使绝缘结构受到循环作用,绕组绝缘也会因反复机械变形而疲劳破坏。

(2) 电老化

它是由绝缘结构上的电场分布产生的,主要表现为局部放电、漏电和电腐蚀。局部放电的产生原因是绝缘层有间隙,线圈与铁芯之间存在空隙。漏电劣化多发生在有电位差的绝缘表面上,由于外界的污物(尘埃等),再加上潮气产生了泄漏电流,致使绝缘表面炭化。电腐蚀常见的例子是电晕。电晕通常发生在高压线圈端部或线圈出槽口的地方。由于电场分布的突变,会使电场集中的部位发生电晕,它会腐蚀绝缘。

(3) 机械老化

主要表现为绝缘结构的疲劳、裂纹、散弛等。它是由启动时的电磁力和热应力,运行中的振动、热循环等原因产生的。电动机启动时,电磁力在线圈内产生很大的应力,在弯曲和挤压应力反复作用下,线圈绝缘层往往会产生疲劳甚至断裂。机械老化引起的绝缘层收缩和绝缘层蠕变将导致绝缘在槽内的松动,从而造成绝缘磨损。特别是反复启动的电动机,在绕组的绝缘层和导体之间因膨胀系数不同而产生热应力时,更易造成绝缘与导体之间剥离而

形成空隙，导致局部放电等恶性循环现象的产生。

（4）环境老化

主要表现在电动机运行的外部环境中有灰尘、油污、盐分，在轧钢厂甚至会有铁粉弥漫在电动机周围，这些物质对绝缘起着污染和侵蚀的作用。还有绝缘吸潮或表面凝露，他们都会导致绝缘电阻降低、泄漏电流加大和介质耗损增加。随着电动机老化程度的增加，绝缘对于环境的敏感程度更加明显，对电动机老化起着催化剂的作用。

各种老化因子影响着任何种类的电动机的寿命，但每个因子所起的重要作用又因电动机的运行方式，负载性质的不同有所区别。通常对于小型电动机来讲，温度和环境起主要作用；对中大型电动机而言，温度和环境仍起作用，但电和机械因子则是重要的老化因素。

2. 绝缘质量判断

1）外观检查

应对电动机线圈和其他绝缘结构进行以下方面仔细的观察。

（1）附着灰尘程度。

（2）附着油污程度。

（3）覆盖漆是否变色、脱落。良好的绝缘表面颜色光滑有光泽，无过热变色现象。

（4）槽楔是否松动，槽内垫条是否窜出，端部绑绳是否松弛，垫块是否松动，端部绕组及支撑件有无位移现象。

（5）绝缘层应无裂纹、起皱、磨损现象。

（6）绕组直线部分绝缘不产生鼓肚膨胀的现象，用小锤轻击有清脆坚实的声音。

（7）无电晕（电腐蚀）痕迹。

2）仪表检测

（1）用兆欧表测其绝缘电阻折算到热态时应符合规定值。

（2）用兆欧表测绝缘极化指数 $PI = R_{10min}/R_{1min} > 1.5$ 表示正常，小于1.5表示绝缘有缺陷。

（3）直流电试验：主要是直流泄漏试验。电厂在新电动机安装投入运行前，按照电力部规程，均要进行此项试验并留有原始记录。此实验实际是测量在外施直流电压下，绝缘的稳态泄漏电流。直流试验电压应分阶段 $0.5U_H$，$1U_H$，$1.5U_H$ 等调试，如在某一电压下电流增加很快，并随时间继续上升，此时应停止，以免击穿。泄漏电流在额定电压下不大于20μA。

（4）交流电试验：包括介质损失角正切 $\tan\delta$ 及其增量 $\Delta\tan\delta$ 的试验、匝间试验及交流耐压试验等。

① 介质损失角正切 $\tan\delta$ 和增量的测量。在交流电场作用下，绝缘材料中部分电能将转变成热能，这部分能量就成为了介质耗损。介质损失角 δ 是绝缘材料在交流电场作用产生3种电流后，其合成电流与其中的位移电流在相位上成的角度。在绝缘结构上施加交流电压，测量介质损失角正切 $\tan\delta$ 及 $\tan\delta$—电压特性、$\tan\delta$—温度特性，可以检查出绝缘的质量，以及吸潮、污秽、存在气泡等状况及劣化程度。绝缘质量良好，其中不存在孔隙时，$\tan\delta$ 值小。随测试电压的升高或温度的升高 $\tan\delta$ 值的变化较小。

② 匝间试验：由于电动机线圈每匝之间的铜线电阻很小，无法在匝间施加所需的工频试验电压，因而只能利用感抗与施加电压频率成正比的特性，采用高频电压或冲击波电压（其波头可等效看成高频）对线圈施加所需试验电压。单个线圈可以采用直接冲击法。对已嵌线的线圈且已连接成绕组，因冲击电压沿绕组的

电压分布是不均匀的，大部分电压分布在开始几个线圈上，只有头几个线圈的匝间绝缘受到了试验，因此对于绕组的匝间试验，只能采用感应冲击法。

③ 交流耐压试验：这是破坏性试验，尽量不用。耐压试验对电动机的绝缘是一种损伤，因此，每次实验的电压均应比上一次试验电压低。

新电动机的出厂试验电压是 $2U_{H}+1000$，在经过修理后，做耐压试验时，则只能用 75% 的出厂试验电压。

3. 绕组绝缘不良的处理方法

(1) 清扫电动机

对绝缘受潮的电动机，首先应清扫、清洁，用压缩空气吹去炭粉和积尘，然后经烘干驱除绝缘中的潮气，使绝缘电阻恢复正常；对小型电动机绕组，如有必要可进行浸漆或浇漆，然后烘干。

(2) 清洗电动机

对于被油泥、尘垢严重玷污的绕组绝缘，最好先清洗，而后再经烘干浸漆处理。

① 清洗简易装置，由电动机、离心式清水泵、橡胶管、喷嘴和洗涤槽组成。

② 清洗液配方(按质量比)：781 中性洗涤剂或普通洗衣粉约 2%，自来水约 98%，用蒸汽加热至 80～100℃。

③ 清洗前，先用压缩空气吹净绝缘表面的灰尘，然后将绕组吊至洗涤槽内，用清洗液进行冲洗。要求把绝缘缝隙中的尘垢和油泥彻底清洗干净，直到露出绝缘本色为止。然后用热水冲洗，去掉残余的洗涤剂，再将绕组放入烘炉烘干，炉温为 120℃ 左右，直到绝缘电阻稳定为止。然后出炉，待冷却到 60～80℃，浸 1032

漆一次，再进炉烘干。

1.4.6　电动机转轴的故障与维修

1. 小型电动机转轴弯曲后的处理

小型电动机转轴弯曲后，通常在油压机或螺纹压床上进行校正。

校正时，不必压出转子铁芯。首先将转子放置在两个等高在支座上，将转子转动360°，用百分表找出铁芯或轴的凸出面，将凸出面朝上，使压力机的压杆对此凸面施加压力，在测量点用百分表检测轴的弯曲度。施加的压力要使百分表指示轴已反向弯曲为止，再慢慢松去压力，记录百分表的变化值。如此反复并逐渐加大压力校正，使其除去压力后，百分表指示轴已反向弯曲0.03～0.05 mm即可。

2. 更换电动机的转轴

电动机转轴弯曲、断裂、磨损后，无法修复时，应更换新轴，步骤如下：

（1）铁芯未压出旧轴之前，要做必要的记录，如轴与铁芯的相对位置关系。

（2）松开固定环键（或半圆环）的搭焊点，取下环键。

（3）准备好支架，直流电动机还应将电枢铁芯和换向器用夹具将其固定成一个整体。

（4）压出旧转轴。

（5）测量旧轴，确定有关部位的配合公差，画出轴的施工样图。

（6）用35#或45#钢材料（特殊电动机要分析轴的材料成分），或用原轴同质材料加工。

(7) 将新轴压入转子铁芯或绕组支架(或直流电机的换向器)。

3. 键槽磨损后的处理

如果键槽磨损不大,一般采取将磨损的键槽扩宽加深的方法,扩宽的宽度和加深的深度不得大于正常键槽宽度和深度的15%,并配制新键。如拷贝轮的键槽是完好的,则应配置上下不等的新键。当扩键槽困难时,可在磨损键槽的反面另铣一个键槽。

键槽磨损时,也可以对键槽进行补焊,并重新修正;但采用此工艺加工不当时,容易引起轴弯曲,所以很少采用。

1.4.7 电动机的噪声与振动分析

电动机的噪声和振动通常是同时发生的。电动机噪声包括通风噪声、电磁噪声和机械振动噪声。

1. 引起电动机噪声和振动增大的原因

1) 机械方面

(1) 转子固定键未拧紧,有松动现象。

(2) 未做风扇静平衡或做的精度不够高。

(3) 转子不平衡,未做静、动平衡检查。

(4) 定子、转子、铁芯变形。

(5) 转轴弯曲,定、转子相擦。

(6) 地脚固定不稳,安装不正,不固定。

(7) 铁芯及铁芯齿压板松动。

(8) 零部件加工不同心,装配公差不合理。

(9) 电动机组装和安装质量不好。

(10) 端盖、轴承盖螺钉未拧紧或装偏。

2）电磁方面

（1）三相绕组不平衡。

（2）绕组有短路或断路故障。

（3）电刷接触不好，压力过大、过小，刷质不合要求。

（4）断笼或端环开裂、松动。

（5）改极时，定、转子槽数配合不适应。

（6）集电环的短接片与短路环触头接触不稳定。

（7）电源供电质量不好，三相不平衡，有高次谐波等。

3）通风方面

（1）风扇有缺陷或损坏，如掉叶、变形，风扇不平衡，产生噪声和振动。

（2）风扇在轴上固定不牢固。

（3）风罩与风扇叶片之间的间隙不合适，过小或偏斜。

（4）风路局部堵塞。

2. 三种噪声的简易鉴别法

1）通风噪声鉴别法

（1）去掉风扇或堵住风口，让电动机在无通风气流情况下运转，这时如果电动机噪声消失或显著减弱，则说明是由通风噪声引起的。

（2）改变测量噪声的位置进行鉴别，因为以通风噪声为主的电动机，在电动机进出风口处和风扇附近处的噪声最强。

（3）电磁噪声和机械噪声有时不稳定，时高时低，而通风噪声通常是稳定的。

（4）选用外径和形式不同的风扇，在不同转速下试运转，如果电动机噪声有明显差别，则说明电动机噪声主要是由通风噪声

引起的。

（5）机械噪声或电磁噪声较大的电动机，往往振动也大，但通风噪声与电动机振动关系不大。

2）机械噪声鉴别法

（1）机械噪声与外施电压大小和负载电流无关。

（2）如果噪声不稳定，时高时低，那就是机械噪声，因为通风噪声是稳定的。

3）电磁噪声鉴别法

电磁噪声大小随磁场强弱、负载电流大小，以及转速高低而变，利用这个特征，可采取下面的办法进行鉴别。

（1）突然断电法：由于机械惯性比电磁过渡过程慢得多，突然断电时，无电磁因素影响，这时电动机转速几乎不变。如果这时电动机噪声突然消失或显著降低，可断定是由电磁原因产生的噪声。

（2）改变电压法：由于异步电动机转速随电压变化不大，故当改变电压时，机械噪声和通风噪声基本不变，但电磁噪声随电压变化很大。

（3）对拖法：用一台低噪声电动机拖动有噪声的被试电动机，这时如果噪声降低或消失，则说明被拖动的电动机噪声是电磁噪声。

（4）如果电磁噪声是因绕组不对称，匝间短路等缺陷引起的，三相电流会不平衡；如因转子断笼或绕线转子三相绕组不对称引起，则定子电流有波动。

3. 解决噪声和振动的措施

1）降低由机械方面引起的噪声的措施

（1）紧固所有装配件上的紧固螺栓，保证端盖、轴承盖、定、

转子铁芯、固定键、齿端盖、风扇座、集流装配等配合不松动。

（2）选用合格的轴承和润滑油，选用超精研磨、波纹度小于0.2μm的电动机专用轴承，可降低轴承噪声。

（3）装配轴承时，要采用合理工具，最好热套。装配轴承时严禁猛打猛敲，使轴承受力不均。

（4）增强修配零部件的机械强度和精度。

（5）电刷硬度应适当降低，刷压要合适，电刷在刷盒内的间隙要合适（一般为0.1mm左右），不可过松或过紧。

（6）校正转子平衡。

（7）提高电动机组装质量，保证同轴度；与机械设备连接要正确，做好确定中心工作。

（8）检查铁芯的偏心情况，必要时可适当车圆转子表面（控制切削量为0.10～0.20mm）。

（9）检查电动机的轴伸和集电环的偏摆，使其合格。

2）降低由电磁方面引起的噪声和振动的措施

（1）三相绕组在设计和安排上要三相对称。

（2）检查绕组故障，并及时处理。比如绕组存在匝间短路，或举刷装置的短路元件的接触不良，转子断笼，端环开焊等故障。

（3）选择先进的绕组形式和合理的跨距，以降低高次谐波。欲使高次谐波中的ν次谐波消除，可使ν次谐波的短距系数为零，从而计算出合适的线圈跨距。

（4）采用磁性槽楔，降低齿槽效应。

（5）提高气隙均匀度，按工艺规程要求正确组装和安装电动机。

（6）改极数时，要校核定、转子槽数是否适应新极数的要求。

3）降低由通风方面引起的噪声和振动的措施

（1）当电动机容量有余时，允许减少风量，可适当减小风扇外径，以降低风扇噪声和振动。

（2）调整风扇叶与风扇罩之间的间隙，使通风噪声降低。

（3）电动机组装时，对定、转子铁芯径向通风沟对齐的电动机，要力求对正，否则会引起通风噪声和振动。

（4）只需单方向旋转的电动机，可考虑改用高效轴流风扇。

（5）提高定、转子绕组端部表面的平滑程度。

（6）将大刀式风扇改为盆式风扇，可降低电动机噪声。

4. 电动机的噪声振动分析方法

电动机的噪声振动分析方法如表1-25所示。

表1-25 电动机的噪声振动分析方法

电动机噪声类别		分析鉴别方法		分析要点
分类	名称	主要频谱	补充鉴别方法	
电动机通风噪声	1. 共鸣声（笛声）	主频率$f=m\cdot Z\frac{n}{60}$处有明显的突出噪声，n：电动机转速；m：叶片数或风道通道数，或散热筋数；Z：谐波次数，一般为1.2	（1）风扇端或进风端噪声最大 （2）改变电动机的转速变化较大 （3）耳听，有明显叫声	（1）叶片数、风道数、散热筋数设计有问题 （2）叶片与导风装置配合不合理

续表

电动机噪声类别		分析鉴别方法		分析要点
分类	名称	主要频谱	补充鉴别方法	
电动机通风噪声	2. 涡流声（气体紊流声）	频带宽，一般为100Hz～3kHz	（1）风扇端或进出风口处测点噪声最大 （2）声音较稳定，几台电动机差异也不大 （3）耳听，近于白噪声	与叶片形状叶片尺寸、风道结构、通风效率都有关系，若所有配合合理，通风声可限制在 500 周以下
电磁噪声	1. 单边磁拉力声振动	频率 $f=f_0$ f_0：电网频率	（1）对交流电动机而言 （2）机壳处两端噪声较大 （3）停电法 （4）$f=2f_0$ 可单独出现，而 $f=f_0$ 一般与 $2f_0$ 同时出现 （5）声音比较稳定	（1）定子、转子偏心，或有谐振现象 （2）对振动不合格的电动机影响较大
	2. 磁极径向磁拉力脉动噪声、振动	频率 $f=2f_0$，如 100 周		（1）机壳，或定子刚度不够 （2）对振动不合格的电动机影响较大

续表

电动机噪声类别		分析鉴别方法		分析要点
分类	名称	主要频谱	补充鉴别方法	
电磁噪声	3. 转差声、振（二次滑差声）动	电网频率或倍电网频率按转差频的调制声 $f=2Sf_0$	（1）对交流电动机而言 （2）电动机的噪声时高、时低，变化与转差有关 （3）停电法 （4）耳听，一般称“老牛哼声”	（1）一般是转子三相不对称，如跳槽、空槽、断条、缩孔、偏心 （2）共轴电动机的转子刚度不够 （3）轴承、安装的问题
	4. 齿谐波噪声及振动	$f=Z\cdot Q\frac{n}{60}+\frac{Q}{2}f_0$ Z：谐波次数（1.2）；Q：定、转子齿槽数（主要是转子，很少是定子）	（1）机壳处、出线盒处噪声较大 （2）变电压时噪声变化 （3）停电法 （4）机壳一点振动较大 （5）变转速或变频法	（1）槽配合不当 （2）斜槽不当 （3）工艺质量不良造成转子歪斜 （4）轴承问题 （5）电动机结构问题，有谐振现象 （6）直流机有时与电源谐波有关 （7）对振动有影响 （8）转子偏心，气隙不均匀

续表

电动机噪声类别		分析鉴别方法		分析要点
分类	名称	主要频谱	补先鉴别方法	
轴承噪声	1. 轴承自身噪声及振动	$f=2000\sim5000$Hz，常常在2kHz、5kHz处有峰	（1）轴伸端噪声较大 （2）振动频率为2～5kHz，高频成分多 （3）耳听，有明显轴承声	（1）轴承质量不佳 （2）轴颈，轴承室配合不当
	2. 轴承轴向声及振动	$f=1000\sim1600$Hz有明显峰		（1）电动机无轴向弹性装置，装置不良 （2）电动机工艺质量的轴向卡死 （3）轴承滚道曲率半径太小
	3. 轴向蹿动声（轴向蹿动）	$f=50\sim400$Hz，有明显峰，频率为$f=\frac{n}{10}$或$\frac{n}{30}$或$\frac{n}{60}\cdot\frac{r_e^*}{r_\sigma}$或$E\cdot\frac{n}{30}$	（1）轴伸端噪声较大 （2）嗡嗡声不稳定 （3）时有时无 （4）频率不稳定	（1）无轴向弹性装置或装配制质量问题 （2）加工尺寸误差较大 （3）轴承内圈偏心，外圈、球不规则或有伤斑 （4）对振动不合格影响较大

续表

电动机噪声类别		分析鉴别方法		分析要点
分类	名称	主要频谱	补充鉴别方法	
其他部件的机械振动声	1. 端盖共振声	小型电动机，$f=1\sim1.5$kHz，有明显峰	（1）轴伸端噪声较大 （2）用敲打法测固有频率（或用激振法）	（1）端盖主要与轴承振动谐振，这与加工精度有关（向上） （2）端盖声也与电磁振动谐振，端盖除与槽配合有关外，也与工艺有关
	2. 机壳共振声、振动	小型电动机，$f=0.5\sim1$kHz，有明显峰	（1）机壳振动较大 （2）用激振法或敲打法测固有频率	主要与电磁振动的谐波谐振
	3. 换向器声	$f=m\cdot\frac{n}{60}$ m：换向片数 $f=4\sim10$kHz	靠近换向器测点的噪声较大	（1）换向器加工精度问题 （2）电动机不平衡 （3）碳刷性质不良 （4）碳刷太硬 （5）滑环加工精度差
	4. 换向器摩擦声			
	5. 不平衡声及不平衡振动	$f=\frac{n}{60}$		（1）转子不平衡 （2）对振动不合格电动机影响较大

注：* r_e、r_σ 为轴承内径及平均半径。

第2章　专用三相异步电动机

2.1　JSL、JRL系列立式水泵用三相异步电动机

JSL、JRL系列立式水泵用三相异步电动机主要用于驱动立式水泵等立式机械设备。JSL系列为鼠笼转子型,是JS的派生产品。JRL系列为绕线转子型,是JR的派生产品。电动机的额定电压为380V、3 000V、6 000V/50Hz;额定电压为380V时的电动机容量为65～300kW,额定电压为3 000V时的电动机容量为145～310kW,额定电压为6 000V时的电动机容量为200～570kW。电动机为防滴式结构,定子的出线盒固定在机座的侧面,绕线型的滑环及其出线盒位于电动机的最上端,无提升和短路装置。

JSL系列立式水泵用三相异步电动机的技术数据如表2-1所示;JRL系列立式水泵用三相异步电动机的技术数据如表2-2所示。

2.2　深井泵电动机

2.2.1　YLB系列深井泵电动机

YLB系列三相异步电动机是与深井泵相配的专用电动机,外形结构如图2-1所示。水泵装置在深井中,通过长度为30～100m的传动轴和装在地面上的专用电动机相连接而进行提水,常用的YLB(老系列JLB_2)系列深井泵电动机有5.5～132kW共10多个规格,专供驱动立式深井泵。

YLB系列电动机为立式电动机,其功率等级、防护等级、配泵止口与机座号的对应关系如表2-3所示。

表 2-1 JSL 系列立式水泵用三相异步电动机的技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	冷却空气量 (m^3/s)	转子飞轮力矩 (kg·m^2)	被带动机构最大容许飞轮力矩 (kg·m^2)	质量 (kg)	外形尺寸(mm)		
			转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数								l	d	h
同步转速 1500r/min(4 级)																
JSL11-4	115	380	1 480	214	91.0	0.90	5.3	1.56	2.04	0.5	12	250	1 110	825	825	1 379
JSL11-4	135		1 475	248	91.5	0.90	6.0	1.77	2.33	0.55	14	285	1 220			
JSL11-4	155		1 480	292	92.0	0.89	6.3	1.30	2.0	0.6	16	315	1 290			
JSL11-4	180		1 475	329	92.5	0.89	5.7	1.30	1.96	0.7	18	420	1 360			
JSL12-4	225		1 475	399	93.0	0.90	5.96	1.42	2.36	0.9	33	455	1 720	950	950	1 543
JSL12-4	260		1 475	464	93.0	0.90	5.9	1.45	2.36	1.0	36	515	1 820			
JSL12-4	300		1 475	530	93.5	0.91	6.17	1.57	2.3	1.2	41	590	1 960			
JSL12-4	190	3000	1 470	44.5	91.5	0.87	5.28	1.28	2.22	0.9	33	330	1 720	950	950	1 543
JSL12-4	230		1 470	54.4	92.0	0.88	6.01	1.46	2.54	1.0	36	540	1 830	950	950	1 543
JSL12-4	300		1 475	69.6	92.0	0.90	6.25	1.48	2.51	1.3	63	650	2 080	1 060	1 060	1 653
同步转速 1000r/min(6 级)																
JSL11-6	75	380	975	143	90.5	0.88	4.66	0.92	2.14	0.45	21	470	1 170	825	825	1 379
JSL11-6	95		975	174	91.0	0.88	4.92	1.18	2.13	0.5	24	580	1 280			
JSL11-6	115		980	208	90.5	0.88	5.13	1.46	2.28	0.6	27	840	1 350			

续表

型　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg \cdot m^2$)	被带动机构最大容许飞轮力矩($kg \cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数								l	d	h
JSL12-6	130	380	980	241	90.5	0.89	5.9	1.10	2.00	0.7	38	590	1 500	950	950	1 543
JSL12-6	155		980	284	91.5	0.89	5.58	1.14	1.82	0.75	44	810	1 590			
JSL12-6	185		980	340	92.0	0.89	6.1	1.30	1.90	0.8	48	930	1 720			
JSL12-6	215		980	399	92.0	0.89	5.6	1.48	1.69	0.9	54	1 050	1 800			
JSL13-6	240		980	435	92.5	0.90	5.25	1.155	1.95	1.1	67	1 360	2 000	1 060	1 060	1 653
JSL13-6	280		980	500	93.0	0.90	6.87	1.32	2.26	1.2	77	1 010	2 100			
JSL13-6	220	3000	980	52.5	91.0	0.88	4.92	1.16	2.10	1.1	67	1 245	2 000			
JSL13-6	250		980	59.0	91.5	0.88	5.29	1.45	2.25	1.2	77	1 560	2 100			
同步转速 750r/min(8 级)																
JSL11-8	70	380	730	134	90.0	0.84	4.45	1.36	2.08	0.45	27	1 110	1 230	825	825	1 379
JSL11-8	80		730	153	90.5	0.84	4.55	1.39	2.13	0.5	30	1 300	1 310			
JSL12-8	95		730	183	91.0	0.85	4.80	1.30	1.70	0.6	47	1 200	1 450	950	950	1 543
JSL12-8	110		730	212	91.0	0.85	4.80	1.50	1.78	0.6	54	1 500	1 600			
JSL12-8	130		730	249	92.0	0.85	4.72	1.38	1.64	0.7	62	1 800	1 680			
JSL12-8	155		735	298	92.0	0.85	4.72	1.42	1.64	0.8	67	2 000	1 800			

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg\cdot m^2$)	被带动机构最大容许飞轮力矩·($kg\cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数								l	d	h
JSL13-8	180	380	735	336	92.0	0.85	5.50	1.19	1.91	0.9	79	1 860	1 930	1 060	1 060	1 653
JSL13-8	210	380	735	390	92.0	0.86	5.16	1.30	1.94	1.0	89	1 950	2 030	1 060	1 060	1 653
JSL13-8	245	380	735	454	92.5	0.87	5.15	1.33	1.84	1.1	100	2 340	2 200	1 060	1 060	1 653
JSL13-8	145	3 000	735	36.4	90.5	0.83	5.09	1.41	2.20	0.9	79	1 480	1 930	1 060	1 060	1 653
JSL13-8	170	3 000	735	42.8	90.5	0.84	5.26	1.50	2.38	1.0	89	1 310	2 030	1 060	1 060	1 653
JSL13-8	200	3 000	735	49.4	91.0	0.84	4.02	1.35	2.14	1.1	100	2 100	2 200	1 060	1 060	1 653
JSL14-8	260	3 000	735	64	91.5	0.81	4.74	1.14	2.30	0.9	125	3 250	3 100	1 250	1 250	1 770
JSL14-8	310	3 000	735	75	92.5	0.82	4.82	1.13	2.19	1.1	145	3 900	3 200	1 250	1 250	1 870
JSL14-8	240	6 000	740	30	90.5	0.80	4.93	1.05	2.16	1.0	145	2 450	3 200	1 250	1 250	1 870
JSL14-8	280	6 000	740	35	91.0	0.80	4.8	1.27	2.07	1.1	180	1 960	3 600	1 250	1 250	1 970
JSL15-8	320	6 000	740	40	91.0	0.83	5.04	1.93	2.2	1.2	230	2 540	4 000	1 450	1 450	1 825
JSL15-8	380	6 000	740	47	91.5	0.84	5.0	2.14	2.29	1.3	260	2 720	4 300	1 450	1 450	1 825
JSL15-8	475	6 000	740	57	92.0	0.84	4.73	1.5	1.99	1.5	330	3 100	4 900	1 450	1 450	2 025
JSL15-8	570	6 000	740	69	92.5	0.85	5.15	1.6	2.05	1.7	400	3 590	5 300	1 450	1 450	2 025

同步转速600r/min(10级)

续表

型　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg \cdot m^2$)	被带动机构最大容许飞轮力矩($kg \cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数								l	d	h
JSL11-10	45	380	585	94	88.0	0.78	5.7	1.64	2.29	0.3	24	—	1 050	825	825	1 379
JSL11-10	55		585	114	88.5	0.78	5.0	1.39	2.15	0.35	27	—	1 210			
JSL11-10	65		585	132	89.0	0.79	4.55	1.95	2.02	0.4	30	2 600	1 280			
JSL12-10	80		585	160	90.5	0.82	4.98	1.55	2.21	0.5	43	2 060	1 410	950	950	1 543
JSL12-10	95		585	190	90.5	0.82	4.85	1.555	2.12	0.6	49	2 680	1 500			
JSL12-10	115		590	227	91.0	0.82	4.63	1.54	1.96	0.7	55.5	2 600	1 630			
JSL12-10	130		590	256	91.0	0.82	4.678	1.61	2.03	0.8	61	2 510	1 780			
JSL13-10	155	380	590	294	92.0	0.82	5.31	1.13	2.18	0.85	105	3 100	2 020	1 060	1 060	1 653
JSL13-10	180		590	339	92.5	0.86	4.9	1.11	2.1	0.9	115	4 040	2 180			
JSL13-10	145	3 000	585	37	90.0	0.82	5.28	1.31	2.28	0.8	105	3 040	2 020			
JSL13-10	165		590	42.5	90.5	0.82	4.28	1.3	1.93	0.9	115	3 590	2 180			
JSL14-10	200		590	51	90.5	0.81	4.28	1.37	1.9	0.8	150	4 130	3 000	1 250	1 250	1 770
JSL14-10	200	6 000	590	26	89.0	0.79	4.8	1.27	2.07	0.9	210	3 770	3 500			1 870
JSL14-10	260		590	35	90.0	0.80	4.3	1.06	2.2	1.1	300	4 540	4 100			1 970
JSL15-10	310		590	40	90.5	0.81	4.3	1.01	2.19	1.2	340	5 080	4 300	1 450	1 450	1 825
JSL15-10	400		590	51	91.0	0.82	4.5	1.23	2.36	1.4	420	6 060	5 000			2 025
JSL15-10	480		590	61	91.5	0.82	4.98	1.04	2.48	1.6	510	7 260	5 400			2 025
同步转速500r/min(12级)																

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩(kg·m^2)	被带动机构最大容许飞轮力矩(kg·m^2)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数								l	d	h
JSL13-12	130		490	257	91.6	0.84	4.1	1.0	1.9	0.8	115	4 040	2 180			
JSL13-12	155	380	485	295	91.8	0.87	4.2	1.4	1.8	0.85	150	4 500	3 000	1 060	1 060	1 653
JSL13-12	180		485	345	93.3	0.84	5.3	1.3	2.1	0.9	170	5 000	3 200			
JSL14-12	140		490	38.1	89.0	0.74	3.9	1.29	1.88	0.7	150	4 800	3 000			
JSL14-12	165	3 000	490	44.1	89.5	0.76	3.9	1.35	1.87	0.8	170	5 630	3 200	1 250	1 250	1 770
JSL14-12	210		490	56	90.0	0.77	4.0	1.49	1.90	0.9	210	6 500	3 600			
JSL15-12	280	6 000	490	38	90.5	0.78	4.48	1.42	2.2	1.2	420	8 980	5 000	1 450	1 450	2 025
JSL15-12	330		490	45	90.5	0.78	4.56	1.5	2.14	1.3	510	1 0340	5 400			

注:表中所列数据引自沈阳电机厂的样本。

表 2-2 JRL 系列立式水泵用三相异步电动机的技术数据

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				最大转矩/额定转矩	转子		冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩(kg·m^2)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	定子电流(A)	效率(%)	功率因数		电压(V)	电流(A)				l	d	h
同步转速 1500r/min(4 极)															
JRL-11-4	115		1 465	216	91.0	0.89	2.08	165	425	0.5	16	1 270			1 823
JRL-11-4	135	380	1 465	254	91.5	0.88	2.1	192	424	0.6	18	1 380	825	825	1 923
JRL-11-4	155		1 470	290	92.0	0.88	1.9	235	413	0.7	20	1 450			1 923

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				最大转矩/额定转矩	转子		冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg\cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	定子电流(A)	效率(%)	功率因数		电压(V)	电流(A)				l	d	h
JRL-11-4	180	380	1 470	330	92.0	0.89	2.1	254	450	0.7	22	1 530	825	825	2 073
JRL-12-4	225		1 470	410	92.5	0.90	2.31	269	510	0.9	37	1 860	950	950	1 948
JRL-12-4	260		1 470	470	93	0.90	2.31	306	536	1.0	40	1 960	950	950	2 048
JRL-12-4	300		1 475	540	93.5	0.90	2.17	336	531	1.1	44	2 090	950	950	2 048
JRL-12-4	190	3 000	1 465	44.5	91.0	0.88	2.26	244	498	0.9	37	1 860	950	950	1 948
JRL-12-4	230		1 475	53.5	92.0	0.88	2.55	299	473	1.0	40	1 960	950	950	2 048
JRL-13-4	300			70	92.0	0.88	2.37	346	550	1.3	59	2 200	1 060	1 060	2 173
同步转速 1000r/min(6级)															
JRL-11-6	75	380	975	145	90.0	0.86	2.0	127	380	0.45	21	1 300	825	825	1 823
JRL-11-6	95		975	182	90.0	0.86	2.13	144	432	0.5	24	1 400			1 923
JRL-11-6	115		975	218	91.0	0.86	1.96	172	436	0.6	26	1 460			1 923
JRL-12-6	130	380	980	246	91.0	0.87	1.8	179	460	0.7	40	1 650	950	950	1 948
JRL-12-6	155		980	292	91.5	0.87	1.81	201	498	0.75	44	1 730			1 948
JRL-12-6	185		980	350	92.0	0.87	1.8	217	520	0.8	49	1 880			2 048
JRL-12-6	215		980	402	92.0	0.88	2.02	274	524	0.9	54	1 970			2 048

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				最大转矩/额定转矩	转子		冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg\cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	定子电流(A)	效率(%)	功率因数		电压(V)	电流(A)				l	d	h
JRL-13-6	240	380	980	436	92.5	0.89	2.39	353	436	1.1	76	2 170	1 060	1 060	2 073
JRL-13-6	280		980	510	93.0	0.89	2.08	389	415	1.2	84	2 230			2 173
JRL-13-6	220	3 000	980	52.5	91.0	0.87	1.95	424	380	1.1	76	2 170			2 073
JRL-13-6	250		980	59.5	91.5	0.87	2.01	465	386	1.2	84	2 230			2 173
同步转速 750r/min(8 级)															
JRL-11-8	70	380	725	140	89.0	0.83	2.09	171	266	0.45	28	1 340	825	825	1 923
JRL-11-8	80		730	158	89.5	0.84	2.05	190	270	0.5	31	1 420	825	825	1 923
JRL-12-8	95		730	182	90.5	0.85	1.91	180	345	0.6	45	1 580	950	950	1 948
JRL-12-8	110		730	211	90.5	0.85	1.8	201	359	0.65	51	1 750	950	950	1 948
JRL-12-8	130		730	248	91.0	0.85	1.87	228	370	0.7	57	1 820	950	950	2 048
JRL-12-8	155		730	296	91.5	0.85	1.94	263	375	0.8	64	1 950	950	950	2 048
JRL-13-8	180	380	735	350	92.0	0.85	1.87	296	396	0.9	77	2 050	1 060	1 060	2 073
JRL-13-8	210		735	399	92.5	0.85	1.9	321	421	1.0	85	2 140			2 073
JRL-13-8	245		735	464	92.5	0.86	1.8	355	448	1.1	94	2 310			2 173
JRL-13-8	145	3 000	730	37	90.5	0.83	2.01	308	304	0.9	77	2 050	1 060	1 060	2 073
JRL-13-8	170		730	42.8	91.0	0.84	2.09	364	298	0.95	85	2 140			2 073
JRL-13-8	200		730	50	91.5	0.85	1.87	401	323	1.0	94	2 310			2 173

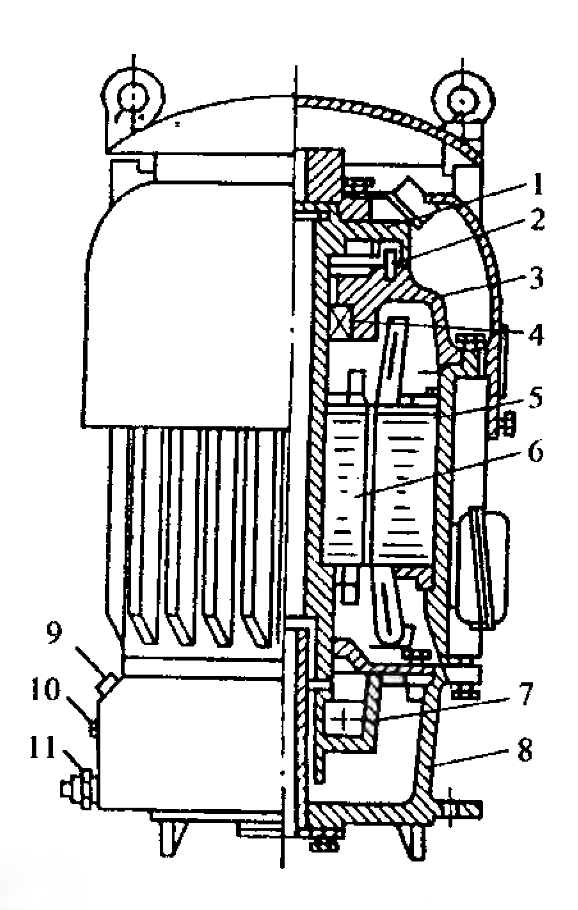
续表

型　号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满　载　时				最大转矩/额定转矩	转　子		冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg \cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	定子电流(A)	效率(%)	功率因数		电压(V)	电流(A)				l	d	h
同步转速750r/min(8级)															
JRL-14-8	260	3 000	735	64	91.5	0.80	2.0	353	442	1.0	125	3 100	1 250	1 250	2 145
JRL-14-8	310		735	75	92.0	0.82	2.03	405	472	1.1	145	3 300			2 245
JRL-14-8	240	6 000	735	30	90.0	0.81	2.02	392	372	1.0	145	3 300			2 245
JRL-14-8	280		740	35	90.0	0.80	2.1	450	378	1.1	180	3 700			2 345
JRL-15-8	320		735	39	90.5	0.83	2.0	456	424	1.2	230	4 100	1 450	1 450	2 200
JRL-15-8	380		735	6.1	91.5	0.84	2.0	523	441	1.3	260	4 900			2 200
JRL-15-8	475		735	57	92.0	0.84	2.0	607	475	1.5	330	5 000			2 400
JRL-15-8	570		735	67.5	92.5	0.85	2.0	735	468	1.7	400	5 300			2 400
同步转速600r/min(10级)															
JRL-11-10	65	380	585	142	88.5	0.78	2.04	149	275	0.4	31	1 400	825	825	1 923
JRL-12-10	80		585	169	89.0	0.80	2.17	155	223	0.5	46	1 550	950	950	1 948
JRL-12-10	95		585	197	89.5	0.80	2.05	173	354	0.5	52	1 600	950	950	1 948
JRL-12-10	115		585	238	90.0	0.80	1.9	194	387	0.55	53	1 790	950	950	2 048
JRL-12-10	130		585	267	90.0	0.81	1.99	222	376	0.6	65	1 920	950	950	2 048

续表

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	满载时				最大转矩/额定转矩	转子		冷却空气量(m^3/s)	转子飞轮力矩($kg \cdot m^2$)	质量(kg)	外形尺寸(mm)		
			转速(r/min)	定子电流(A)	效率(%)	功率因数		电压(V)	电流(A)				l	d	h
同步转速750r/min(8级)															
JRL-13-10	155	380	585	304	91.0	0.84	1.98	325	276	0.75	93	2 120	1 060	1 060	2 073
JRL-13-10	180	380	585	350	91.5	0.85	1.84	350	297	0.81	105	2 290	1 060	1 060	2 173
JRL-13-10	145	3 000	580	38.1	89.5	0.81	1.89	320	286	0.75	93	2 120	1 060	1 060	2 073
JRL-13-10	165	3 000	580	43.5	90.0	0.82	2.08	221	280	0.85	105	2 290	1 060	1 060	2 073
JRL-14-10	200	3 000	585	50.0	90.0	0.81	2.0	352	346	0.8	150	3 050	1 250	1 250	2 145
JRL-14-10	200	3 000	590	25.0	89.0	0.80	2.82	482	352	0.9	210	3 500	1 250	1 250	2 245
JRL-15-10	260	6 000	590	32.9	89.5	0.80	1.8	398	395	1.1	300	4 100	1 450	1 450	2 200
JRL-15-10	310	6 000	590	38.9	90.0	0.82	1.8	458	410	1.2	340	4 300	1 450	1 450	2 200
JRL-15-10	400	6 000	590	50.0	90.5	0.83	1.8	584	415	1.4	420	5 000	1 450	1 450	2 400
JRL-15-10	480	6 000	590	59.6	91.0	0.83	1.8	719	403	1.6	510	5 350	1 450	1 450	2 400
同步转速500r/min(12级)															
JRL-13-12	130	380	485	265	91.0	0.82	1.7	314	272	0.6	105	2 290	1 060	1 060	2 173
JRL-14-12	155	380	490	332	92.3	0.77	2.1	342	290	0.75	150	3 050	1 250	1 250	2 145
JRL-14-12	180	380	490	361	92.5	0.82	1.9	362	316	0.8	170	3 150	1 250	1 250	2 245
JRL-14-12	145	3 000	485	38	89.0	0.76	2.0	301	282	0.7	150	3 050	1 250	1 250	2 145
JRL-14-12	165	3 000	485	44	89.5	0.79	2.0	331	304	0.8	170	3 150	1 250	1 250	2 145
JRL-14-12	210	3 000	485	55	90.0	0.77	2.0	418	306	0.9	210	3 500	1 250	1 250	2 145
JRL-15-12	280	6 000	490	36.2	90.5	0.78	2.35	484	353	1.2	420	4 900	1 450	1 450	2 400
JRL-15-12	330	6 000	490	42.2	91.0	0.78	2.32	565	352	1.3	510	5 250	1 450	1 450	2 400

注:表中所列数据引自沈阳电机厂的样本。



1—防逆盘;2—圆柱销;3—端盖;4—深沟球轴承;
5—定子;6—转子;7—角接触球轴承;
8—底座;9—加油处;10—油环;
11—放油处

图 2-1　YLB(IP44)电动机结构

表 2-3　配泵止口与机座号的对应尺寸

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="3">机座号</th><th colspan="2">同步转速(r/min)</th><th rowspan="3">轴孔径(mm)</th><th rowspan="3">规范泵轴径(mm)</th><th rowspan="3">配泵止口尺寸(mm)</th><th rowspan="3">防护等级</th></tr>
<tr><th>3 000</th><th>1 500</th></tr>
<tr><th colspan="2">功率(kW)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">132</td><td>(1)</td><td>5.5</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">$\phi25$</td><td rowspan="2">$\phi20$</td><td rowspan="2">$\phi210h8^{0}_{-0.072}$</td><td rowspan="2">IP44</td></tr>
<tr><td>(2)</td><td>7.5</td></tr>
</table>

续表

机座号		同步转速(r/min)		轴孔径(mm)	规范泵轴径(mm)	配泵止口尺寸(mm)	防护等级
		3 000	1 500				
		功率(kW)					
160	(1)	11	11	$\phi36$	$\phi28$	$\phi235h8^{0}_{-0.072}$	IP23
	(2)	15	15				
180	(1)	18.5		$\phi39$			
	(2)	22					
	(1)		18.5		$\phi32$	$\phi330h8^{0}_{-0.089}$	
	(2)		22				
200	(1)	30	30	$\phi42$	$\phi36$		
	(2)	37	37				
	(3)		45				
250	(1)		55	$\phi52$	$\phi45$	$\phi280h8^{0}_{-0.089}$	
	(2)		75				
	(3)		90				
280	(1)		110	$\phi65$	$\phi65$	$\phi420h8^{0}_{-0.097}$	
	(2)		132				

1. 止逆装置

该装置由防逆盘、圆柱销及止退盘三部分组成，装在电动机

上部。在止退盘上设有均匀分布的4～6个斜槽。在防逆盘的下端面设有3个圆孔，安装在该孔内的圆柱销的直径比孔径小2mm左右，其长度比孔深短2～3mm。电动机启动时，防逆盘带动圆柱销沿止退盘上的斜槽向上滑动。在电动机转速升至一定值时，圆柱销在离心力的作用下随防逆盘一起转动，切断电源后，电动机转速下降，圆柱销在自身重力支配下落入止退盘的斜槽内，并借助斜槽肩阻止电动机被倒流的水推动逆转。

2. 电动机的传动方式

其传动方式是将水泵轴通过电动机的空心轴与联轴器相连，采用钩头键连接传动。

2.2.2 深井泵用三相异步电动机的常见故障及处理

深井泵用电动机是与深井泵相配的专用立式异步电动机。深井泵电动机的故障及处理方法，见表2-4。

表2-4　深井泵电动机的故障及处理方法

故障现象	原因分析	处理方法
电动机不能启动	1. 电源相序接反 2. 电源缺相 3. 电源电压过低 4. 负载过大	1. 调换任意两相电源接线的相位 2. 查熔断器、开关、接线，并及时接通 3. 调整电源电压至340V以上 4. 查水泵故障或电动机容量后调整
运转声音不正常	1. 轴承严重缺油 2. 轴承损坏 3. 水泵故障	1. 补充新油至规定油面线 2. 更换轴承 3. 排除水泵故障

续表

故障现象	原 因 分 析	处 理 方 法
轴承过热	1. 轴承损坏 2. 润滑油变质或太脏 3. 轴承严重缺油	1. 更换轴承 2. 清洗油室后更换新油 3. 补充新油至规定油面线
漏油	1. 搬运中电动机倾斜 2. 油室加油过多 3. 盛油管或油塞渗油 4. 羊毛毡或橡胶圈密封损坏	1. 揩净漏出的油，并注意油室中的油量 2. 调整油量至油表刻线 3. 检查确定后整修 4. 更换密封圈
防逆装置失灵	1. 止退圆柱销落不下或磨损 2. 止退盘的槽孔磨损	1. 拆开防逆盘，揩清圆柱销油污、防逆盘销油污及防逆盘销孔油污，或更换止退盘、圆柱销 2. 更换止退盘
电动机温升过高	1. 负载过大 2. 缺相运行 3. 风道阻塞 4. 环境温度过高 5. 电源电压过低	1. 查运行电流是否超过额定电流 2. 及时接通三相电源后再运行 3. 及时清理电动机风道中的油垢和积尘 4. 采用降温措施或减轻电动机负荷 5. 调整电源电压至340V以上
绕组损坏	1. 绕组短路 2. 水泵故障，堵转时间长 3. 缺相运行 4. 绝缘老化，绕组对地击穿	拆除损坏绕组，按原绕组数据重新绕制绕组，嵌线、接头，并进行绝缘处理

2.2.3 YLB系列三相深井泵用异步电动机绕组的技术数据

YLB系列三相深井泵用异步电动机绕组的技术数据如表2-5所示。

表2-5 YLB系列三相深井泵用异步电动机绕组的技术数据

型号	额定功率(kW)	极数	定子铁芯槽数	定子绕组							
				线规(mm)	每槽线数	每圈匝数	每联圈数	每台联数	并联路数	绕组形式	节距
YLB132-1-2	5.5	2	30	1 - ϕ0.95 1 - ϕ1.0	44	44	3.2	6	1	同心	1~16 2~15 3~14 17~30 18~29
YLB132-2-2	7.5			2 - ϕ1.06	37	37					
YLB160-1-2	11	2	36	2 - ϕ1.0 1 - ϕ0.95	29	14 15	6	6	1	双层	1~14
YLB160-2-2	15			2 - ϕ1.06 1 - ϕ1.12	24	12					
YLB160-1-4	11	4	48	1 - ϕ1.18	54	27	4	12	2		1~11
YLB160-2-4	15			1 - ϕ1.3	42	21					
YLB180-1-2	18.5	2	36	1 - ϕ1.16 1 - ϕ1.2	42	21	6	6	2	双层	1~14
YLB180-2-2	22			2 - ϕ0.95 1 - ϕ1.0	38	19					
YLB180-1-4	18.5	4	48	1 - ϕ1.06 1 - ϕ1.12	40	20	4	12			1~11
YLB180-2-4	22			2 - ϕ1.12	36	18					
YLB200-1-2	30	2	36	1 - ϕ1.3 1 - ϕ1.4	32	16	6	6	2	双层	1~14
YLB200-2-2	37			1 - ϕ1.4 1 - ϕ1.5	28	14					
YLB200-1-4	30	4	48	2 - ϕ1.3	32	16	4	12			1~11
YLB200-2-4	37			1 - ϕ1.12 2 - ϕ1.18	26	13					
YLB200-3-4	45			3 - ϕ1.3	22	11					

续表

型号	额定功率(kW)	极数	定子铁芯槽数	定子绕组							
				线规(mm)	每槽线数	每圈匝数	每联圈数	每台联数	并联路数	绕组形式	节距
YLB250-1-4	55	4	60	1 - ϕ1.4 2 - ϕ1.5	18	9	5	12	2	双层	1 ~ 14
YLB250-2-4	75			2 - ϕ1.25 3 - ϕ1.3	14	7					
YLB250-3-4	90			4 - ϕ1.25 2 - ϕ1.3	12	6					
YLB280-1-4	110	4	60	4 - ϕ1.12	24	12	5	12	4	双层	1 ~ 14
YLB280-2-4	132			4 - ϕ1.4	20	10					

2.2.4 JLB、JLB_2 系列深井泵电动机的技术数据

JLB、JLB_2 系列深井泵电动机为专用驱动立式深井水泵电动机，均为三相380V/50Hz 鼠笼转子型异步电动机。JLB 系列为封闭式，电动机容量为 10 ~ 100kW；JLB_2 系列为防滴式，电动机容量为 5.5 ~ 100kW。JLB、JLB_2 系列深井泵电动机的技术数据如表 2-6 所示。

表 2-6 JLB、JLB_2 系列深井泵电动机的技术数据

型号	额定功率	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	参考价格(元)	生产厂
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
JLB-62-4	10	1 460	20.5	85.5	0.87	7.5	1.8	2.3		沈阳电机厂
JLB-63-4	14	1 460	28	87.5	0.87				1 100	
JLB-72-4	20	1 465	39.5	88	0.87				1 350	
JLB-73-4	28	1 465	55	88.5	0.87				1 600	
JLB-82-4	40	1 476	76.5	90	0.88				1 900	
JLB-83-4	55	1 477	105	90	0.88				2 400	
JLB-93-4	75	1 475	140	91	0.89				3 100	
JLB-94-4	100	1 475	186	91.5	0.89				3 700	

续表

型号	额定功率	满载时				启动电流/额定电流	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	参考价格(元)	生产厂
		转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数					
JLB$_2$-41-2	5.5	2 920								武汉电机厂
JLB$_2$-42-2	7.5	2 920								
JLB$_2$-51-4	7.5	1 450								
JLB$_2$-61-2	11	2 940	23	85.6	0.878	6	1.3	2.2	670	武汉电机厂、上海人民电机厂
JLB$_2$-62-2	15		31						725	
JLB$_2$-63-2	18.5		38						780	
JLB$_2$-64-2	22		45						840	
JLB$_2$-61-4	11	1 460	22	86				2	740	
JLB$_2$-62-4	15		30						800	
JLB$_2$71-4	18.5	1 460	38	86	0.878	6	1.3	2	910	上海人民电机厂
JLB$_2$72-4	22		45						980	
JLB$_2$73-4	30		59						1 100	
JLB$_2$74-4	40		77	91					1 300	
JLB$_2$75-4	45		85						1 400	
JLB$_2$81-4	55		103						1 800	
JLB$_2$82-4	75		141						2 000	
JLB$_2$83-4	100		189						2 300	

2.3 井用潜水三相异步电动机

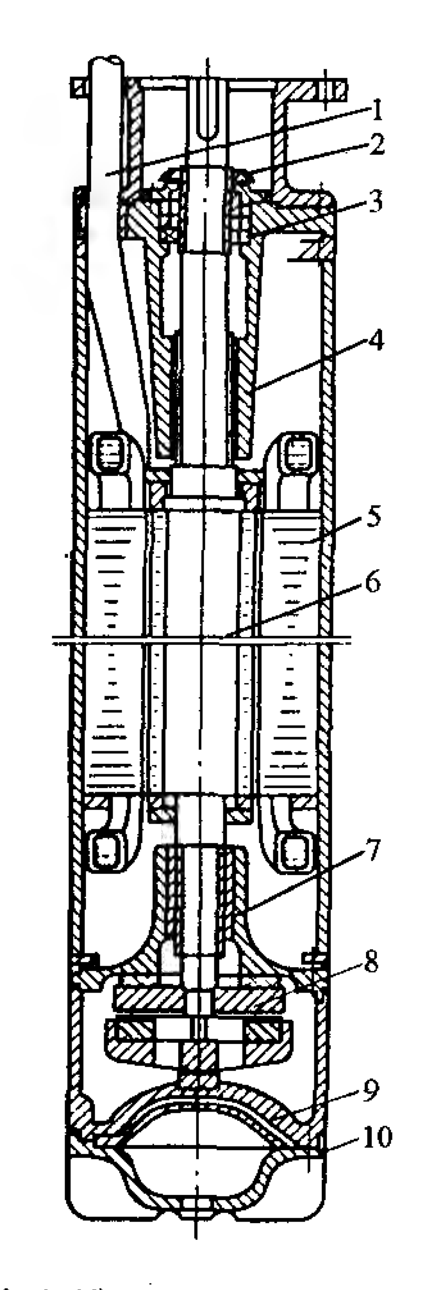
2.3.1 YQS2 系列井用(充水式)潜水三相异步电动机的结构及材料特点

1. 潜水三相异步电动机的结构特点

YQS2 系列井用潜水三相异步电动机为 2 极、立式、笼型异步电动机,它与水泵配套,潜放在水深不大于 70m、水温不高于 20℃

的水中长期工作。电动机为充水式密封结构，内腔充满清水或防锈缓蚀剂。各止口接合面用O形密封圈式密封胶密封。轴伸端装有橡胶骨架油封或单面机械密封等防砂密封装置，电动机下端装有橡胶调节囊，用以调节内腔充水因温度变化引起的体积变化。

因电动机长期在水中工作，故要求其有可靠的绝缘。电动机的上、下端各装有一对水润滑径向滑动轴承，下端装有水润滑止推轴承，用以承受电动机正常运行时的转子自重和水泵的轴向推力。为了限制因水泵启动造成的转轴上蹿，还装有上止推滑动轴承。如图2-2所示。



1—引出电缆；2—甩砂环；3—油封；4—上导轴承；5—定子；6—转子；7—下导轴承；8—止推轴承；9—调压囊；10—底脚

图2-2 YQS2充水式密封潜水电动机结构

2. 潜水电动机的关键材料及包扎特点

（1）定子绕组采用QYN型漆包铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线。

（2）水润滑轴承材料要具有良好的自润滑性、耐磨性、较低

的摩擦系数，要求其承载力高，耐腐蚀性好。

① 水润滑止推轴承是采用聚邻苯二甲酸二丙烯酯（DAP）耐高温热固性塑料压制而成。止推轴承的结构为扇形分块整体式，电动机的对磨圆盘以3Cr13不锈钢经淬火磨削制成。

当配用扬程较高的YQSG泵时，由于对轴承的承载力要求高达25 000N，故采用分块调心式止推轴承，扇形分块材料为铜或不锈钢，电动机的对磨圆盘为编织石棉布浸渍酚醛材料。

② 水润滑导轴承是用ZQPb25-5铅青铜制造，其轴颈表面镀有硬铬或装设不锈钢轴套。

（3）轴伸端防砂密封装置用在含沙量不超过0.01%的水中时，可采用骨架式橡胶油封。含沙量稍高时，可适当缩短检修期或采用单端面机械密封。当含沙量在0.05%～0.1%以上时，应采用FBC型橡胶波纹管机械密封或其他同性能的单端面机械密封。

（4）定子绕组和引出线电缆接头及绕组星形或三角形连接点主要采用J系列（J-20或J-21）丁基自黏性胶带作为防水密封包扎材料。

① 接头处剥去尼龙护套及绝缘层，并清除铜线表面氧化层及油污，用磷铜焊、银焊或锡焊将绕组线与电缆线焊牢。

② 将焊接处锉修平整，并清理干净，再用聚乙烯带半叠包两层，然后用丁基自黏带半叠包6层，包扎时应将自黏带拉紧、拉平，最后用聚乙烯胶黏带或涤纶胶黏带叠包两层。

（5）为了防止水中的腐蚀性介质对电动机零部件的侵蚀和电化学腐蚀，对电机零部件采取如下防锈、防腐蚀措施：

① 螺栓等零件进行镀锌钝化处理；

② 硅钢片、定子铁芯、转子表面、机壳、轴承座等零部件的非配合表面涂耐水防锈涂料。

2.3.2 YQS2 系列井用(充水式)潜水三相异步电动机的常见故障及处理

YQS2 系列井用潜水电动机的常见故障及处理方法如表 2-7 所示。

表 2-7 YQS2 系列井用潜水电动机的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
不能启动	1. 电源电压过低 2. 熔丝烧断 3. 电源断电 4. 电缆断裂 5. 定子绕组断路 6. 转子卡住	1. 调整电源电压到规定值 2. 更换熔丝 3. 找出断电原因 4. 更换电缆 5. 拆开电动机进行修理 6. 拆开电动机检查
绝缘电阻低	1. 引出电缆破裂 2. 接头密封不好 3. 电动机过热绝缘损坏	1. 用塑料黏带修补 2. 重封包装头 3. 更换新绕组
电动机运行不稳定,空载电流大,电流表指针摇摆	1. 机组有机械故障 2. 电动机安装接近水面 3. 电动机导轴承或止推轴承严重磨损	1. 吊起检修 2. 加深下井深度 3. 修理更换零件

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机定子绕组烧坏	1. 电动机过载 2. 导轴承磨损，导致电动机扫膛，使线圈产生损伤 3. 管道关闭，连续运转很长时间 4. 电动机内水没有充满，空气遗留在电动机内部，降低了冷却效果，导致电动机绕组温度升高	1. 防止过载 2. 更换导轴承和绕组 3. 水泵闸门关闭后要立即关闭电动机 4. 电动机必须充满水

2.3.3　YQS2 系列井用（充水式）潜水三相异步电动机的使用与维护

1. 下井前的准备

（1）使用的水质条件应与电动机的使用条件一致，如水中含沙量较高时，应选用轴伸端安装防砂密封装置的电动机。

（2）配泵检查时，电动机和潜水泵的功率配套系数为 1.15 ~ 1.2，连接尺寸应在规定范围内。

（3）电动机内腔应充满清水或防锈缓蚀液。充水 12h 后，用 500V 的兆欧表测量定子绕组对机壳的绝缘电阻，其值应不低于 200MΩ。

(4) 电动机引出电缆和外接电缆应按接线图正确接线。

(5) 配备控制保护器时,其电流为额定电流的105%时不动作,为110%时能动作。

(6) 组装前应确定电动机的转向,但电动机的每次接通时间不应超过10～15s。

2. 运行中的维护与检查

(1) 允许直接启动或降压启动,每两次启动时间间隔至少为10min。

(2) 在接近工作温度的情况下,定期测量定子绕组对地的绝缘电阻,其值不应低于1MΩ。

(3) 电泵运行300h后,需将电泵底部的放水塞松开,进行放水检查。放出的水或油水混合物不超过20mL时,电泵可继续使用;若超过应检查密封磨损情况或放水封口塞的橡胶衬垫是否损伤,经检修后方可使用。

(4) 每次放水时也应同时检查油的质量,如油质不好应及时换油。

(5) 充水式电动机在存放期间应放尽内腔的水。如存放时间较长,使用前应检查密封胶圈有无老化。机械密封装置重新装配之前,动、静磨块的工作面应重新研磨。

2.3.4　YQS2系列井用(充水式)潜水三相异步电动机绕组的技术数据

YQS2系列井用(充水式)潜水三相异步电动机绕组的技术数据如表2-8所示。

表2-8 YQS2系列井用(充水式)潜水三相异步电动机绕组的技术数据

型号	额定功率(kW)	气隙(mm)	接法	定子槽数	转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规(mm)
YQS2-150-3	3	0.6	Y	18	16	单层同心	1~10 2~9 11~18	36	1-ϕ1.06
YQS2-150-4	4							30	1-ϕ1.25
YQS2-150-5.5	5.5							26	1-ϕ1.40
YQS2-150-7.5	7.5							23	1-ϕ1.50
YQS2-150-9.2	9.2							19	1-ϕ1.60
YQS2-150-11	11							16	1-ϕ1.70
YQS2-150-13	13							13	1-ϕ1.90
YQS2-150-15	15							12	1-ϕ2.0
YQS2-200-4	4	0.8	Y	18	22	单层同心	1~10 2~9	44	1-ϕ1.25
YQS2-200-5.5	5.5							39	1-ϕ1.40
YQS2-200-7.5	7.5							32	1-ϕ1.50
YQS2-200-9.2	9.2							28	1-ϕ1.60
YQS2-200-11	11							28	1-ϕ1.80
YQS2-200-13	13		Y	18	22	单层同心	1~10 2~9	22	1-ϕ1.90
YQS2-200-15	15							20	1-ϕ2.0
YQS2-200-18.5	18.5	0.9	Y	24	22	单层同心	1~12 2~11	23	1-ϕ2.24
YQS2-200-22	22							10	1-ϕ2.50
YQS2-200-25	25		△					15	1-ϕ2.0
YQS2-200-30	30							13	1-ϕ2.12
YQS2-200-37	37							11	1-ϕ2.36
YQS2-200-45	45		2Y					12	1-ϕ2.24

2.3.5 YQSY 系列井用(充油式)潜水三相异步电动机的常见故障处理及使用维修注意事项

1. YQSY 系列井用(充油式)潜水三相异步电动机的常见故障处理

电动机每次充油后,下井使用时间不少于 5 000h。电动机运行寿命并不完全取决于电动机本身的制造质量,在很大程度上取决于水泵的轴向推力、含沙量及井的水量及各种其他因素的影响,因此,故障检修需从多方面查找原因,如表 2-9 所示。

表 2-9 YQSY 系列井用(充油式)潜水三相异步电动机的常见故障处理方法

序号	故障现象 / 可能的故障原因	不能启动	绝缘电阻下降	信号线接地	贫油跳闸	过载跳闸	渗漏油	贫油期短	电缆护套被泡胀大	声响不正常	扬程不足水量小	故障排除方法
1	电源电压过低	△				△						将电压调到额定值
2	电源电压过高					△						将电压调到额定值
3	电源断相	△				△				△		修复断相处
4	水泵叶轮卡住	△				△					△	修复水泵、清除杂物
5	电动机贫油后进水		△	△	△							提井、换油、干燥绕组
6	电缆外接头进水		△	△	△							重新包扎电缆外接头
7	电动机贫油			△	△							提井、补充注油
8	叶轮反转					△					△	将电源线任意两相换接

续表

序号	故障现象 可能的故障原因	不能启动	绝缘电阻下降	信号线接地	贫油跳闸	过载跳闸	渗漏油	贫油期短	电缆护套被泡胀大	声响不正常	扬程不足水量小	故障排除方法
9	油囊破裂		△				△	△				换油囊
10	油囊两端密封不严		△				△	△				重新装配
11	动静磨块工作面有尘污						△	△				重新装配
12	动静磨块工作面磨损						△	△				重新研磨
13	静密封不严		△				△	△				重装或更换胶件
14	井水面有浮油								△			用泵抽或棉纱蘸出
15	轴承损坏					△				△		更换轴承
16	水泵或扬水管紧固不良									△		提井、重新紧固
17	井的涌水量小，或电动机潜水深度不够										△	修井或加长扬水管
18	电动机绕组烧坏	△	△	△								提井、重新嵌线

2. YQSY 系列井用(充油式)潜水三相电动机在使用及维修时的注意事项

(1) 做好电动机下井前的检查。为保证潜水电动机正常运转并做到一次下井成功,必须预先认真做好如下检查。

① 绝缘电阻的检查。用 500V 兆欧表测量电动机绕组的引出线和信号线,其对机壳及相互间的绝缘电阻大于 100MΩ,若低于此值应更换绝缘油,严重时还应对电动机绕组进行干燥处理。

② 密封的检查。由于电动机内部充满绝缘油，在下井前要仔细观察电动机外表和各连接止口部位的静密封，以及上轴伸部位的动密封，其应无渗、漏油现象，否则不能下井。

③ 油量的检查。压盖至底座的(H)尺寸应符合产品说明书的要求。若H尺寸过大，则表示装油量太小，应按说明书的注油方法补油；H尺寸过小，表示油量过多，难以容纳受热后油体积的膨胀。H尺寸要保持在允许范围之内。

④ 配泵的检查。检查电动机容量、连接尺寸是否满足与泵的配套要求，要做到机泵合装正确无误方可下井。特别是轴向尺寸，合装后的泵叶轮应处于中间位置，既不磨上盖板，也不磨下盖板，泵转子的下推力由电动机轴来承受。

⑤ 合装后的潜水泵各部位紧固件应无松动现象，电缆接头应无破损现象。

(2) 电动机的启动与转向。该系列潜水电动机在不经常启动的场合允许全电压启动。若电源变压器容量不足或需频繁启动的场合，最好采用降压启动，以减少启动电流对电动机绝缘产生的热冲击。潜水泵启动运转后，如发现流量下降、扬程低、电流增大，则说明水泵反向旋转，应立即停止运转调整电源接线。水泵长期反转工作，再加上继电保护失灵，将使电动机因过载而损坏。

2.3.6 YQSY 系列井用(充油式)潜水三相异步电动机绕组的技术数据

YQSY 系列井用(充油式)潜水异步电动机绕组的技术数据如表2-10所示。

表2-10 YQSY系列井用(充油式)潜水异步电动机绕组的技术数据

型号	额定功率(kW)	气隙(mm)	接法	定子槽数	转子槽数	绕组形式	节距	每槽导体数	线规(mm)
YQSY200-4	4	0.75	△	24	20	单层同心	1~12 2~11	66	1-φ1.0
YQSY200-5.3	5.5							50	1-φ1.18
YQSY200-7.5	7.5							42	1-φ1.30
YQSY200-9	9.2							36	1-φ1.40
YQSY200-11	11	0.8	Y					18	2-φ1.40
YQSY200-13	13		△					28	2-φ1.12
YQSY200-15	15							23	2-φ1.25
YQSY200-18.5	18.5							21	2-φ1.35
YQSY200-22	22							18	3-φ1.18
YQSY200-25	25							16	3-φ1.30
YQSY200-30	30							14	3-φ1.40
YQSY200-37	37							12	4-φ1.30
YQSY200-45	45							10	5-φ1.30
YQSY250-15	15		△	24	22			33	2-φ1.40
YQSY250-18.5	18.5							29	3-φ1.25
YQSY250-22	22							25	3-φ1.30
YQSY250-25	25							22	3-φ1.40
YQSY250-30	30							19	4-φ1.30
YQSY250-37	37							16	5-φ1.25
YQSY250-45	45							13	6-φ1.30
YQSY250-55	55	0.8	2△	24	22	单层同心	1~12 2~11	23	4-φ1.20
YQSY250-64	64							20	4-φ1.30
YQSY250-75	75							17	4-φ1.40
YQSY250-90	90							15	5-φ1.35
YQSY250-110	110							13	6-φ1.30
YQSY250-132	132							11	6-φ1.45

2.4 防爆电动机

2.4.1 YB 系列隔爆型电动机和 YA 系列增安型电动机的结构特点

1. YB 系列隔爆型电动机

YB 系列是 Y 系列(IP44)派生的全封闭自扇冷式鼠笼转子式隔爆三相异步电动机,其工作方式为连续,额定电压为 220V, 380V,220/380V,380/660V 四种,工作电压频率为 50Hz。适用于长期或临时有爆炸性气体混合物存在的场所。此系列电动机的主体外壳防护等级为 IP44 或 IP54,接线盒为 IP54。

电动机的定子铁芯嵌完绕组后经浸渍处理,并采用热套或冷压工艺将铝转子固定在轴上。电动机的绝缘等级为 F 级但无要求时可取 B 级。电动机的进线方式分橡套电缆和钢管布线两种,按不同启动要求,分别制成一个进线口可适用于电动机的直接启动;制成两个进线口可适用电动机的Y-△ 启动。接线盒的位置在电动机的顶部,可以左右进线,安装结构形式与 Y 系列电动机相同。

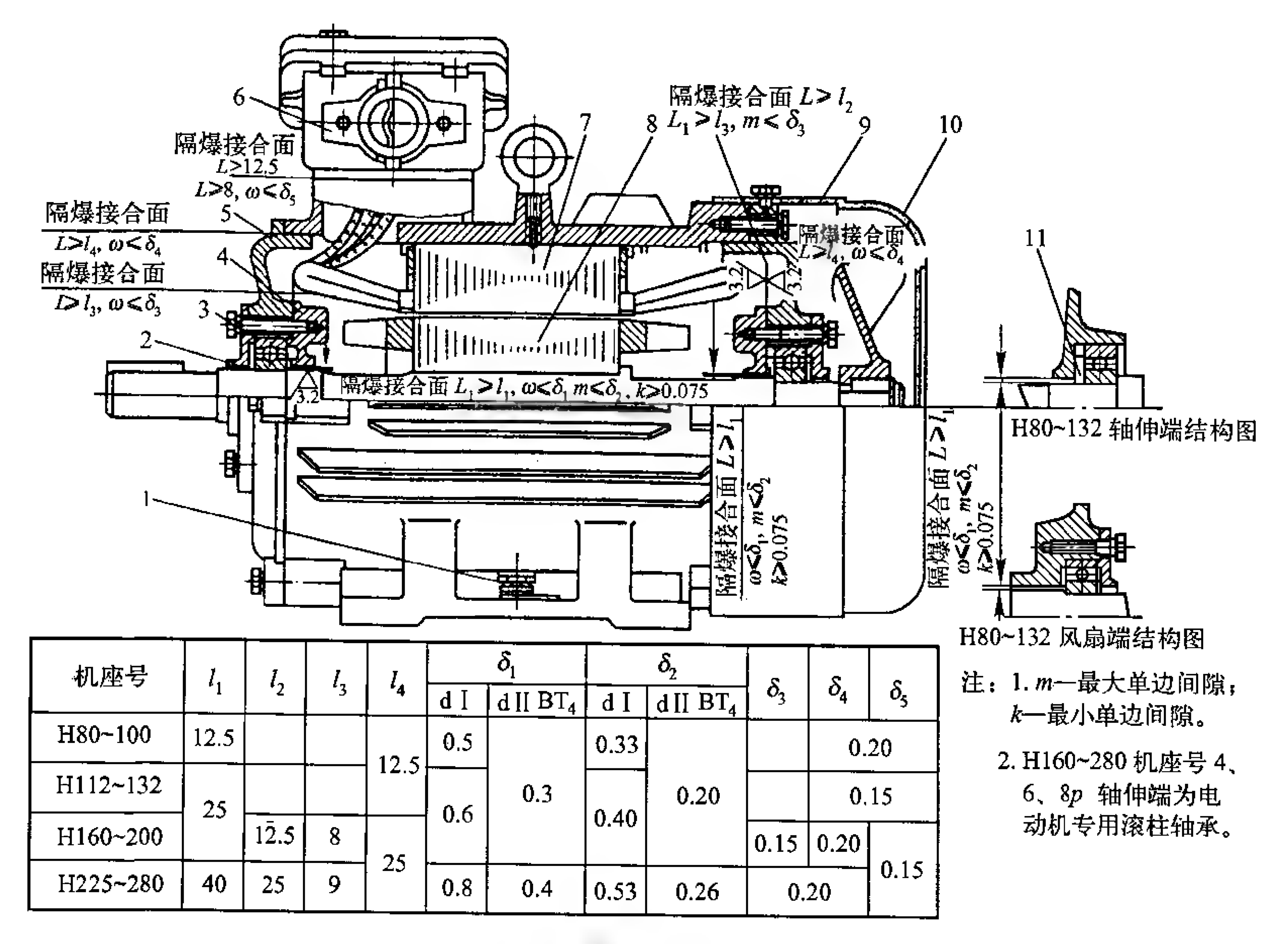
YB 系列隔爆型电动机的结构,如图 2-3 所示,接线盒如图 2-4 所示。

在不正常情况(如产生火花、电弧)下,当电动机内部的爆炸性混合物产生爆炸时,隔爆外壳应承受爆炸压力,并且其内部的火焰不能通过隔爆外壳接合面而引起外部爆炸性混合物的爆炸。

YB 系列电动机的防爆要点如下。

(1) 组成隔爆外壳的零部件按 GB3836、2-2000 的规定做水压试验,以保证其能承受最大内部爆炸压力。

(2) 组成隔爆外壳的各零部件间的隔爆面结合长度、间隙或

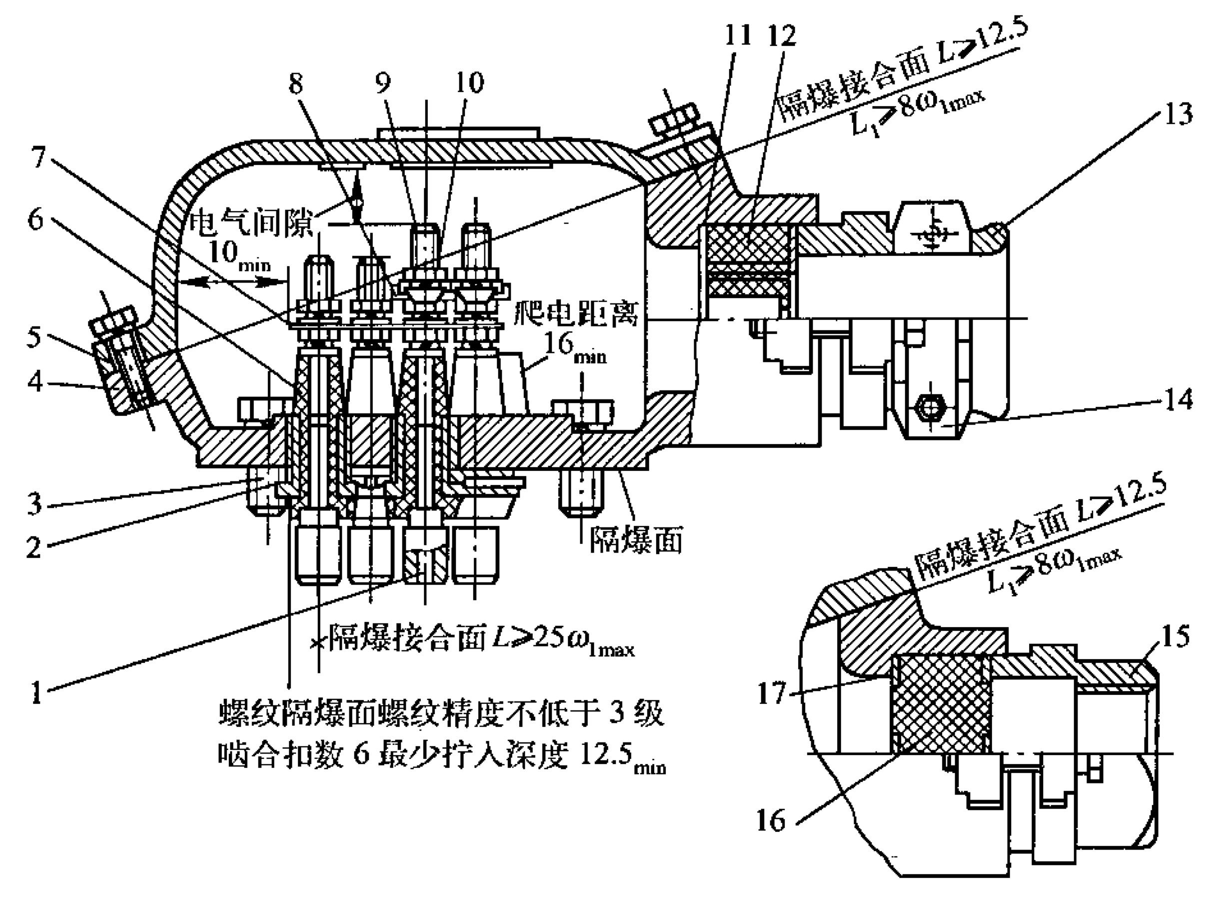


<table>
<tr><th rowspan="2">机座号</th><th rowspan="2">l_1</th><th rowspan="2">l_2</th><th rowspan="2">l_3</th><th rowspan="2">l_4</th><th colspan="2">δ_1</th><th colspan="2">δ_2</th><th rowspan="2">δ_3</th><th rowspan="2">δ_4</th><th rowspan="2">δ_5</th></tr>
<tr><th>d I</th><th>d II BT$_4$</th><th>d I</th><th>d II BT$_4$</th></tr>
<tr><td>H80~100</td><td>12.5</td><td></td><td></td><td rowspan="2">12.5</td><td>0.5</td><td rowspan="3">0.3</td><td>0.33</td><td rowspan="3">0.20</td><td></td><td colspan="2">0.20</td></tr>
<tr><td>H112~132</td><td rowspan="2">25</td><td></td><td></td><td rowspan="2">0.6</td><td rowspan="2">0.40</td><td></td><td colspan="2">0.15</td></tr>
<tr><td>H160~200</td><td>12.5</td><td>8</td><td rowspan="2">25</td><td>0.15</td><td>0.20</td><td rowspan="2">0.15</td></tr>
<tr><td>H225~280</td><td>40</td><td>25</td><td>9</td><td>0.8</td><td>0.4</td><td>0.53</td><td>0.26</td><td colspan="2">0.20</td></tr>
</table>

注：1. m—最大单边间隙；k—最小单边间隙。

2. H160~280 机座号 4、6、8p 轴伸端为电动机专用滚柱轴承。

图 2-3　YB 系列隔爆型电动机的典型结构图



注：弓形垫圈的电气间隙 10_{min}

防爆标志	进线方式	W	W_1
dⅠ	橡胶套电缆	0.50	0.40
dⅡBT$_4$	钢管布线	0.20	0.15

1—接线螺栓；2—止动垫片；3—垫圈；4—接线盒座；5—接线盒盖；6—端子套；7—连接片；8—弓形垫圈；9—垫圈；10—螺母；11—金属垫圈；12—密封圈；13—接线盒斗；14—卡板；15—接线斗；16—密封圈；17—金属垫圈

图 2-4 YB 系列隔爆型电动机接线盒结构图

直径差、表面粗糙度、接线盒内部裸露导体之间的电气间隙及漏电距离，如图 2-3 和图 2-4 所示。

（3）连接隔爆外壳的螺栓均装有弹簧垫圈，可防止自行松脱。

（4）机座、端盖、轴承内盖、接线盒盖、接线螺栓、端子套、轴、密封圈是隔爆零件。密封圈采用橡胶 XH-50。

（5）在正常工作状态下的电动机外壳表面温度，煤矿用时不得超过 +200℃；但有煤粉堆积在电动机外表面时，不得超过 +150℃；工厂用时不得超过表 2-11 的规定，进线口处的温度不得高于所用电缆的允许温度，以保证电缆运行可靠。

表 2-11　不同爆炸性混合物中的电动机表面最高允许温度（℃）

爆炸性混合物组别	T_1	T_2	T_3	T_4
电动机表面最高允许温度	450	300	200	135

2. YA 系列增安型电动机

YA 系列是 Y 系列（IP44）的派生产品。该系列电动机适用于具有两类爆炸危险的场所。

该系列电动机的主要技术参数与要求：

（1）电动机在启动、额定运行或规定的过载（如在 t_g 时间结束）时，其任何部件的允许最高表面温度（温度计算）和温升限值如表 2-12 所示。

表 2-12　允许最高表面温度和温升限值

温度组别	最高表面温度（℃）	温升限值（K）	温度组别	最高表面温度（℃）	温升限值（K）
T_1、T_2	300	260	T_3	200	160

（2）转子堵转时间 t_g 是防爆措施中的重要技术参数。它是从电动机在额定温升下被堵转的瞬间开始，一直到绕组所增加的温升达到表 2-13 的规定值而切断电源为止。这段时间便称为转子堵转时间。t_d 不允许小于 5s，而且堵转电流 I_K 与额定电流 I_S

之比不大于10。

表2-13 温升规定值(℃)

电动机部位	温度组别		电动机部位	温度组别	
	T_1、T_2	T_3		T_1、T_2	T_3
定子绕组（电阻法）	145	145	转子表面（温度计温度）	260	160

(3) 电动机的单边气隙最小值应不小于表2-14中的规定值。

表2-14 气隙限值

极　数	允许最小气隙(mm)		极　数	允许最小气隙(mm)	
	$D<75$	$75<D<750$		$D<75$	$75<D<750$
2	0.25	$0.25+(D-75)/300$	6以上	0.20	$0.20+(D-75)/800$
4	0.20	$0.20+(D-75)/500$	-	-	-

(4) 接线盒是容易引起火花、电弧而必须确保其安全可靠的关键部件。YA系列电动机接线盒外壳的防护等级为IP54。

2.4.2 防爆电动机的常见故障及处理方法

1. 交流防爆电动机的常见故障及处理方法

交流防爆电动机的常见故障、原因及处理方法如表2-15所示。

2. 直流防爆电动机的常见故障及处理方法

直流防爆电动机的常见故障、原因及处理方法如表2-16所示。

表2-15 交流防爆电动机的常见故障、原因及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
接通电源后电动机不转	1. 熔断器灼断、线路断线 2. 启动器有故障 3. 定子绕组断路 4. 电源电压过低	1. 检查保险丝和供电线路 2. 检查启动器 3. 检查电动机线路 4. 检查电源
电动机启动困难或电动机过热	1. 转子断铝条 2. 轴承故障 3. 定子、转子扫膛	1. 检修转子 2. 更换轴承 3. 修理定子、转子铁芯
电动机负载时过热	1. 电源电压过高或过低 2. 定子绕组匝间短路 3. 定子绕组相间短路 4. 启动器接触不良 5. 通风系统堵塞 6. 机壳上堆积的灰尘过多 7. 过载	1. 检查电源电压 2. 修理定子绕组 3. 修理定子绕组 4. 擦拭启动器接触部分 5. 排除障碍物 6. 吹风清扫 7. 检查负载大小
运行时发出敲击声	1. 端盖与机座或端盖与轴承内、外盖接触不良 2. 风扇刮端罩 3. 铁芯松动 4. 定子、转子扫膛	1. 拧紧螺栓 2. 卸下端罩进行修理 3. 检查铁芯处理松动问题 4. 修理定子、转子铁芯
轴承有较大声响或过热	1. 润滑脂过多或过少 2. 润滑脂有水分或杂质 3. 轴承损坏	1. 适当减少或增加 2. 换新润滑脂 3. 更换轴承

续表

故障现象	故障原因	处理方法
绝缘电阻值降低	1. 定子绕组受潮 2. 绝缘损坏或老化 3. 粉尘过多	1. 干燥定子绕组 2. 更换绝缘 3. 清扫

表2-16 直流防爆电动机的常见故障、原因及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
电刷下火花过大	1. 电刷与换向器接触不良 2. 刷握松动或装置不正 3. 电刷与刷握配合太紧 4. 电刷压力大小不当或不匀 5. 换向器表面不光洁,不圆或有污垢 6. 换向片间云母凸出 7. 电刷位置不在中性线上 8. 电刷磨损过度,或所用牌号及尺寸不符 9. 过载 10. 电动机底脚松动,发生振动 11. 换向极绕组短路	1. 研磨电刷接触面,并在轻负载下运转0.5~1h 2. 紧固或纠正刷握装置 3. 略微磨小电刷尺寸 4. 用弹簧秤校正电刷压力为15~25kPa(调整刷握弹簧压力或调换刷握) 5. 清洁或研磨换向器表面 6. 换向器刻槽、倒角、再研磨 7. 调整刷杆座至原有记号的位置,或按感应法校得中性线位置 8. 按制造厂原用的牌号及尺寸更换新电刷 9. 恢复正常负载 10. 固紧底脚螺钉 11. 检查换向极绕组,修理绝缘损坏处

续表

故障现象	故障原因	处理方法
电刷下火花过大	12. 电枢绕组与换向器脱焊 13. 检修时将换向极绕组接反 14. 电刷之间的电流分布不均匀 15. 电刷分布不等分 16. 转子平衡未校好	12. 用毫伏表检查换向片间电压是否呈周期性出现,如某两片之间电压特别大,说明该处有脱焊现象,需进行重焊 13. 用指南针试验换向极极性并纠正(换向器与主极极性关系,顺电机旋转方向,发电机为n-N-s-S,电动机为n-S-s-N,其中大写字母为主极极性,小写字母为换向极极性) 14. ① 调整刷架等分 ② 如电刷牌号不一致,需按原用的牌号及尺寸更换新电刷 15. 校正电刷等分 16. 重校转子动平衡
电动机不能启动	1. 无电源,线路断线、熔丝熔断 2. 过载 3. 启动电流太小 4. 电刷接触不良 5. 励磁回路断路	1. 检查线路是否完好,启动器连接是否准确,熔丝是否熔断 2. 减少负载 3. 检查所用启动器是否合适 4. 检查刷握弹簧是否松弛或改善接触面 5. 检查变阻器及磁场绕组是否断路,更换绕组
电动机转速不正常	电动机转速过高,且有剧烈火花	检查磁场绕组与启动器(或调速器)连接是否良好,是否接错,磁场绕组或调速器内部是否断路

续表

故障现象	故障原因	处理方法
电枢冒烟	1. 长期过载 2. 换向器或电枢短路 3. 负载短路 4. 电动机端电压过低 5. 电动机直接启动或反向运转过于频繁 6. 定子、转子铁芯相摩擦	1. 立即恢复正常负载 2. 用毫伏表检查是否短路,是否有金属屑落入换向器或电枢绕组 3. 检查线路是否有短路 4. 恢复电压至正常值 5. 使用适当的启动器,避免频繁的反复运转 6. 检查电机气隙是否均匀,轴承是否磨损
磁场线圈过热	1. 并励磁场绕组部分短路 2. 电动机转速太低 3. 电动机端电压长期超过额定值	1. 分别测量每一绕组电阻,修理或更换电阻特别低的绕组 2. 提高转速至额定值 3. 恢复端电压至额定值
电动机转速不正常	1. 电刷不在正常位置 2. 电枢及磁场绕组短路 3. 串励电动机轻载或空载运转 4. 串励磁场绕组接反 5. 磁场回路电阻过大	1. 按所刻记号调整刷杆座位置 2. 检查是否短路(磁场绕组须每极分别测量电阻) 3. 增加负载 4. 纠正接线 5. 检查磁场变阻器和励磁绕组电阻,并检查接触是否良好

续表

故障现象	故障原因	处理方法
其他	1. 机壳漏电 2. 并励(带有少量串励稳定绕组)电动机启动时反转,启动后又变为正转 3. 轴承漏油	1. ① 电动机绝缘电阻过低,用500V兆欧表测量绕组对地绝缘电阻,如其值小于0.5MΩ,应加以烘干 ② 出线头碰壳 ③ 出线板或绕组某处绝缘损坏需修复 ④ 接地转子不良,加以纠正 2. 串励绕组接反,互换串励绕组两个出线头 3. ① 润滑脂加得太满(正常约为轴承室2/3的空间)或所用润滑脂质地不符要求,需更正 ② 轴承温度过高(轴承若有不正常杂声,应取出清洗、检查、换油;若钢珠或钢圈有裂纹,应予更换)

2.4.3 防爆电动机拆装的特殊要求

防爆电动机是一种特殊用途电动机,它经过拆修之后,必须符合防爆规程的要求,方能投入运行。

1. 拆卸电动机时的特殊要求

(1) 拆前做好零部件相对位置标记,便于装配。拆卸端盖时,不要用铁锤直接打击,应垫上软金属或使用铜锤,以免将端盖

打出裂痕,影响防爆性能。

(2) 用于紧固的螺栓长度与螺孔深度尺寸应符合规定。

(3) 在拆除全过程中,要保护好所有隔爆结合面,不应有损伤。

2. 安装电动机时的特殊要求

(1) 安装前,要校对电动机类型,以及看防爆级别、组别是否符合环境要求。

(2) 检查接线端子紧固电缆心线的零件、接地零件、进线装置的零件、铭牌、接地牌,看它们是否完整。

(3) 检查隔爆型电动机所有紧固螺栓的拧紧程度,要求联锁装置的闭锁机构应动作灵活,观察窗应透明,所有防爆零部件应齐全。

(4) 安装电动机时,要求底脚平面轴向倾斜度不大于 10°。电动机只许用弹性联轴器或正齿轮与被传动机器相连。连接好后要检查弹性联轴器传动时的两轴中心高度,其值应一致;正齿轮传动时,其节圆直径不得小于轴伸直径的 3 倍。同时要先试一下转子是否转动灵活,有无异常现象。

(5) 采用橡胶套电缆时,必须注意以下几点。

① 橡胶垫内径与电缆外径差不应大于 1mm。

② 按所需长度剥开电缆心线绝缘,然后依次穿过压盘或压紧螺母内的橡胶垫,再引入出线盒内。

③ 电缆的 3 根圆心线分别接在 3 个黄铜质接线螺栓上的弓形垫圈之间,接地心线接到出线盒内接地螺栓上,然后拧紧螺母。要求电缆裸露部分之间及其与出线盒壁之间最短距不小于 14mm。

④ 接线后，要装上压盘或压紧螺母，压紧密封用的橡胶垫圈。要求用力不能拉动电缆，以确保橡胶圈与电缆配合处的隔爆性能。最后用防电拔脱装置将电缆卡牢，并装上出线盒盖。

⑤ 密封用的橡胶垫圈需由邵氏硬度45～50的橡胶制成。

⑥ 铠装电缆接线的特点是用橡胶垫圈压紧电缆铅皮来保证隔爆性能。铅皮与铠装须利用出线盒外部接地螺栓可靠接地。

⑦ 采用在钢管内穿入导线时，可用多孔橡胶垫圈压紧单芯电缆以保证隔爆性能。

⑧ 将电动机主体接地后，整定电动机继电保护装置。如设有联锁装置的隔爆型电动机，需检查联锁装置动作的可靠性。要求接通电源后，机壳盖不能打开；当机壳盖打开后，电源不能接通。

⑨ 安全型电动机需按铭牌给出的堵转时间整定保护装置。对于通风、充气型电动机，要严格检查管路系统的接缝封闭状况，以及设置风压指示装置及保护装置。

⑩ 电动机试运转时，要求先空转半小时，并检查：电动机振动、噪声、轴承等情况是否正常；继电保护系统动作是否可靠；安全型电动机在堵转时间内，保护装置是否动作可靠；通风、充气型电动机要检查有无影响安全的通风死角，保护装置是否可靠；同时检查有无火花或电弧从缝隙或出风口吹出，出风口吹出的风温是否超过规定。

经试车检查无误后，电动机才可正式投入运行。

另外，在装配电动机时，所有隔爆面采取冷磷化等防锈措施后，仍需涂防锈油或工业凡士林。所有紧固螺垫的螺纹，也均需涂工业凡士林，以防锈蚀。

2.4.4 防爆电动机隔爆面的保护

防爆电动机隔爆面包括:机座与端盖的止口、端盖与轴承、机座与接线盒、转轴与轴承盖轴孔的结合面、接线盒内各有关部件、连接机座与接线盒两空腔的绝缘压制件与金属件之间及绝缘压制件之间的结合面。

1. 保护隔爆面的措施

(1) 在装配和拆卸电动机时,注意勿碰伤隔爆面。如有损伤,应及时修补。

(2) 禁止在隔爆面上涂漆,因为涂漆会影响防爆性能。

(3) 如发现隔爆面有气孔、砂眼或夹渣及其他损伤时,必须按《防爆规程》中的有关规定进行补焊或处理。

2. 防爆电气设备隔爆面缺陷处理的规定

(1) 隔爆面长度、间隙(隔爆面的不平度)与表面处理后须符合《防爆电气设备制造检验规程》"隔爆型"中的有关规定。

(2) 隔爆面经加工后,在规定长度(L)及螺孔边缘至隔爆面边缘的最短有效长度(L_1)范围内,如发现以下缺陷,不加修补,即可使用。

① 对局部出现的直径不大于1mm,深度不大于2mm的砂眼,在40mm、25mm、15mm的隔爆面上,每平方厘米不得超过5个,10mm的隔爆面不超过2个。

② 偶然产生的进行伤痕,其宽度与深度不大于0.5mm,其长度应保证剩余无伤隔爆面有效长度不小于规定长度的2/3,但伤痕两侧高于无伤表面的凸起部分必须磨平。无伤隔爆面的有效长度可以几段相加。

(3) 不动的隔爆面,加工后,在 L 及 L_1 的范围内,缺陷如大于上述第(2)条规定,但有一段连续无伤隔爆面的有效长度不小于表2-17中所规定的值时,则可修补。

表2-17 连续无伤隔爆面的有效长度(单位:mm)

隔爆面长度(L 或 L_1)	连续无伤隔爆面的有效长度	隔爆面长度(L 或 L_1)	连续无伤隔爆面的有效长度
40	20	10	5
25	13	8	5
15	8	-	-

(4) 如果缺陷超过上述第②条的规定,为下列情况之一者,不允许焊补:

① 螺孔周围5mm范围内的缺陷;

② L 或 L_1 为5mm范围内的缺陷;

③ 隔爆面的边角缺陷;

④ 活动隔爆结合面;

⑤ 隔爆面上有疏松现象的铸件。

3. 涂抹磷化底漆

隔爆面保护得好坏与否,对电动机能否安全使用影响很大。防止隔爆面锈蚀的措施有冷磷化,涂磷化底漆,涂上置换型防锈油和磷化后涂油等。涂抹磷化底漆的工艺如下:

(1) 磷化底漆一般是分装的。底漆浆盛放于金属容器中,酸性稀释剂装于玻璃容器中。

(2) 使用时先把底漆浆底部沉淀的颜料层搅拌均匀,然后按4份底漆浆,1份稀释剂的比例相混合。

(3) 混合时,应慢慢加入酸性稀释剂,并不断地搅拌,混合均匀后,放置0.5h后即可使用。

(4) 先将被涂的隔爆面除去污垢、油脂及锈层,使其露出原金属表面,再将磷化底漆刷在隔爆面上,只需极薄的一层即可。

(5) 使用磷化底漆应注意以下几点。

① 调好的磷化底漆保存的时间不宜过长,最好在8h内用完。否则它将起化学变化而使附着力下降。

② 调好的磷化底漆要稀释时,不能再使用酸性稀释剂,应用乙醇和丁醇的混合液。其比例为:乙醇3份,丁醇1份。

③ 在隔爆面涂刷磷化底漆时,只能涂刷一层,且不宜过厚。因为太厚时,漆液不能完全与金属表面发生化学作用,而且漆膜中残存的磷酸会腐蚀金属,降低防锈能力。

④ 由于磷化底漆中含有磷酸,因此不能在金属容器内进行调漆,也不能用金属容器盛放调好的磷化底漆,以免使金属容器腐蚀。

4. 涂油

置换型防锈油的主要特点是它能从金属表面除去汗液、油膜,并且在金属表面的附着力强,可以直接涂于金属表面上,不必用汽油稀释。涂油工艺如下:

(1) 首先除去隔爆面的锈层、油层、污垢,使其露出原金属表面。

(2) 将置换型防锈油直接涂于隔爆面上,只要涂上极薄的一层即可。

2.4.5 防爆电动机隔爆面的修复

1. 防爆电气设备隔爆面缺陷的处理

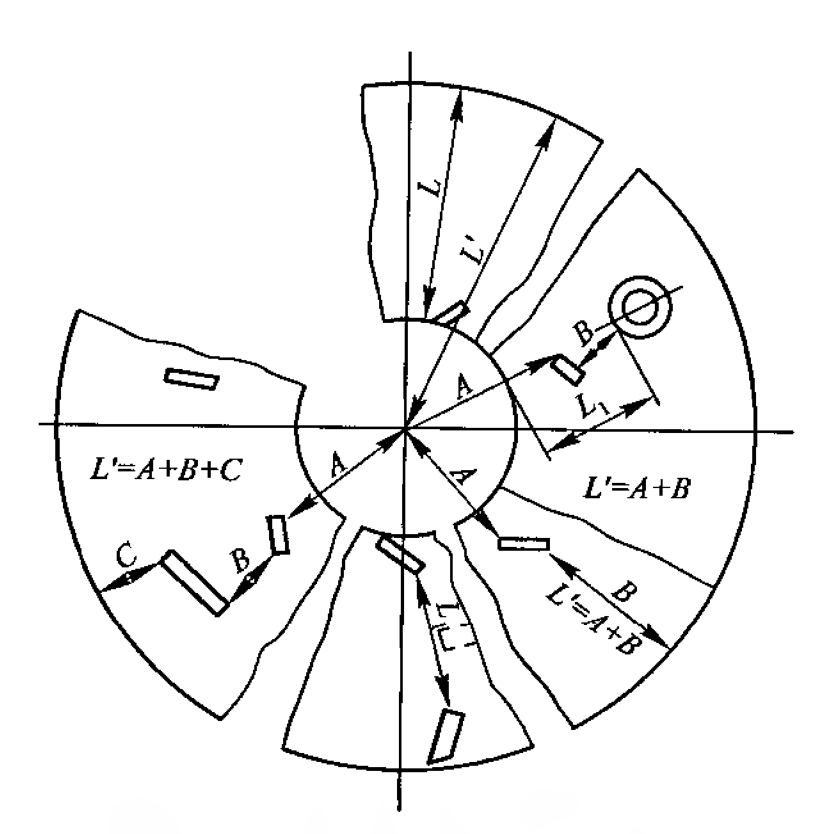
(1) 隔爆面经加工后,在规定长度(L)及螺孔边缘至隔爆面

边缘最短有效长度(L_1)范围内,如发现以下缺陷,不加修补,即可使用:

① 对局部出现的直径不大于1mm、深度不大于2mm的砂眼,在40mm、25mm、15mm的隔爆面上,每平方厘米不超过5个,12.5mm长的隔爆面每平方不超过2个。

② 偶然产生的机械伤痕,其宽度与深度不大于0.5mm,其长度应保证剩余无伤,隔爆面有效长度不小于规定长度的2/3,但伤痕两侧高于无伤表面的凸起部分必须磨平。

无伤隔爆面的有效长度,可以几段相加,计算方法参考图2-5进行。



L'—无伤隔爆面有效长度;L—隔爆面规定长度;

L_1—螺孔边缘至隔爆面边缘最短有效长度

图2-5　无伤隔爆面的有效长度计算参考图

（2）加工不动的隔爆面后，在 L 和 L_1 的范围内，缺陷如大于第(1)条规定，但有一段连续无伤隔爆面的有效长度，不小于表2-18中所规定的值时，则可用补焊法修复。

表2-18　连续无伤隔爆面的有效长度(单位：mm)

隔爆面长度 L 或 L_1	40	25	15	12.5	9
连续无伤隔爆面的有效长度	20	13	8	8	5

（3）如果缺陷超过第(1)条的规定，存在下列情况之一时，不允许焊补，必须更换新件。

① 螺孔周围5mm范围内的缺陷。

② L 或 L_1 为5mm范围内的缺陷。

③ 隔爆面的边角缺陷。

④ 活动隔爆接合面。

⑤ 隔爆面上有疏松现象的铸件。

2. 隔爆面的修复

（1）喷涂法。

（2）换配轴承内盖，即把转轴防爆接合面精车后，按精车后的尺寸重新配制一个轴承内盖，使两者装配间隙符合规定要求。

3. 机座、端盖止口隔爆结合面的修复

（1）更换端盖时，首先精车削机座止口隔爆接合面，新端盖止口按机座车削后的止口配制，机座精车后的止口厚度不应小于原设计的85%，不得大于原设计1mm。

（2）端盖止口喷涂法：在端盖止口表面喷涂一层金属，然后按精车机座后的止口尺寸配车削端盖止口。

4. 其他隔爆面的修复

（1）钢质零件可用52-2锡铅焊料补焊。

（2）铸铁零件可用锡的质量分数为58%～60%的锡锌焊料补焊。

（3）钢和铸铁零件也可采用环氧粉末喷补。

无论哪种补焊方法，修补前应将缺陷处清理，直到露出洁净的金属表面为止。补焊后的隔爆面均应使补焊材料与工件结合牢固，并用油石将修补面磨平滑，以达到所要求的表面粗糙度值。

修补用的环氧粉末配方（体积分数）：

6101″环氧树脂　　40份

607″环氧树脂　　60份

石英粉　　100份

乙氰二胺　　3.5份

白炭黑　　1.25份

配制工艺：

先将6101″和607″两种树脂溶化，保温至160℃并加入石英粉搅拌均匀。当温度降至130℃时加入白炭黑，再继续搅拌，温度降至20℃左右时加入乙氰二胺，迅速搅拌，出料冷却，成粉末后过七十孔目筛备用。

5. 修补工艺

（1）修补前，将整修面清理干净，露出金属光泽，然后用丙酮去油污，用喷灯火焰预热整修面，加热至粉末放上去便熔化的程度。

（2）将粉末放入整修面孔内，然后再用喷灯加热整修面周

围,使粉末熔化,呈浅黄色,并用划针搅拌粉末,使其黏附内壁牢固,并修整平整。

(3) 移开喷灯,待整修金属面全部冷却后,修整平面。

(4) 再用喷灯在整修表面低温烘烤,使环氧固化,产生光泽。

(5) 最后将表面修补平整。

2.4.6 防爆电动机检修后的质量检查

1. 隔爆结合补焊表面不许有气孔和凸凹不平的现象,补焊金属与原金属接合处不许有缝隙,全部补焊质量应符合技术要求。

2. 凡经重新焊接、补焊或新加工的防爆机壳和零部件,均需进行水压试验。

3. 生锈的隔爆面需打磨干净,并进行防锈处理。可采用204-1置换型防锈油进行防锈。涂油工艺:直到露出金属光泽为止。直接涂上一层薄薄的防锈油即可。

4. 采用切削加工的平面法兰防爆面,切削厚度不得大于1mm。

5. 防爆机壳的紧固螺栓要齐全,螺钉应紧紧压平弹簧垫圈。对于不透气的螺孔,新更换的螺栓不可过长,以防拧不紧,破坏机壳防爆性能。

6. 采用螺栓隔爆结构的螺纹,不得有脱扣或乱扣,要有可靠的防锈、防松措施。

7. 采用衬垫隔爆结构的电动机,要求损坏的衬垫要修复或更新,并满足机械强度要求。

8. 联锁装置的闭锁机构要动作灵活,工作可靠。

9. 警告牌及机壳内遮盖带电部位的绝缘板要完整。

10. 观察窗上的透明零件,要保证其透明完好。更换新零件时,应进行冲击试验。

11. 更换绕组时,绕组数据及绝缘规范应符合制造厂要求。修后全部试验应符合国家标准(对地及匝间耐压试验应高于国家标准规定值10%)。

12. 各种密封胶垫应完好,损坏的密封垫要更换。

13. 定、转子间的气隙值及均匀度应符合要求。

14. 应进行空载及短路试验。

15. 防爆标志及接地符号应涂上明显颜色。

16. 用于紧固的螺栓长度与螺孔深度尺寸应符合规定。

17. 电动机试运转时,要求先空转半小时,并检查:电动机的振动、噪声、轴承运行等情况是否正常;继电保护系统动作是否可靠;安全型电动机在堵转时间内,保护装置动作是否可靠;通风、充气型电动机还要检查有无影响安全通风的死角,保护装置是否可靠;同时检查有无火花或电弧从缝隙或出风口吹出,出风口吹出的风的温度是否超过规定。

只有在经试运转检查无误后,电动机才可正式投入运行。

2.4.7　使用和维修防爆电动机的注意事项

1. 防爆电动机的使用及维护要点

(1) 安装前首先根据爆炸危险场所的级别、场所中爆炸性混合物的级别与组别,核对所选防爆电动机的防爆类型,看防爆级别与组别是否符合使用场所的要求,其 t_d 值(转子堵转时间)是否与保护继电器的性能相适应。

（2）安装前用500V兆欧表测量定子绕组对机壳的绝缘电阻，其值不应低于0.5MΩ，否则应进行干燥。

干燥方法可使用热空气吹拂，白炽灯、红外线、蒸汽管路、低压交流电加热等。用低压交流电干燥时，电流值不得超过额定电流的0.6倍，并将转子制动，电动机要可靠地接地。不论用何种方法干燥，都应注意使绕组的温度逐渐升高，不得超过绕组绝缘等级允许的最高温度。

（3）进线装置应保证电动机电缆引入口处可靠密封，电缆不得有松动。电动机本体及接线盒必须可靠接地。

（4）隔爆型电动机在安装时，应检查所有外壳紧固件，看其是否齐全、拧紧，外壳上是否有裂纹及其他缺陷。

（5）防爆通风、充气型电动机在安装时，必须注意：进入电动机及其通风、充气系统内部的气体中，不允许含有爆炸性气体；在整个设备的控制回路中，电动机的供电系统应与风机的供电系统和风压监视系统互相联锁，并严格按规定的操作规程操作；运行前必须先通风，使通过的气体量不小于电动机及其通风、充气系统全部容积的5倍后，才能接通电源。

（6）防爆安全型电动机要经常检测气隙。

（7）隔爆型电动机在维修时，要特别注意其外壳各部件上的隔爆接合面不得有损伤和锈蚀，如发现有损伤时，必须按《防爆规程》中的有关规程进行修补，隔爆面上不得涂油漆，只允许涂薄层油脂。

（8）电动机运行时的检查

① 电动机有无异常响声、振动和气味；

② 接地是否良好；

③ 电动机外壳及轴承温度是否正常；

④ 外壳有无裂纹，隔爆面结合处、进线装置是否良好；

⑤ 各部分紧固螺栓是否有松动现象；

⑥ 对于通风型电动机还要检查出风口的风压值是否合格。

（9）电动机停止时的现象检查

① 轴承风扇是否固定可靠；

② 用 500V 兆欧表测量电动机绝缘电阻值，其值不应低于 0.5MΩ；

③ 检查轴承内润滑脂情况，必要时检查轴承磨损程度；

④ 抽出转子检查，看转子与定子铁芯有无相擦现象，槽楔固定是否良好；

⑤ 检查气隙值，看其是否均匀、正常。

2. YA 系列增安型异步电动机的使用与维护

（1）电动机安装前要进行下列检查，符合要求后方可使用。

① 应有防爆标志和防爆合格证。

② 电动机的温度组别符合爆炸性混合物场所的要求。

③ 需检查电动机的单边气隙是否超过规定。

（2）电动机的传动方式为弹性联轴器或正齿轮传动（不允许带传动）。

（3）电动机一般采用电流保护和温度保护两种。当采用电流保护时，须按铭牌数据 t_g（转子堵住时间）和 I_K/I_N（堵转电流倍数）确保保护装置（如熔断器、自动空气断路器、热保护过电流继电器）。选择适当容量的过电流继电器，将其调整到某一整定值，然后检查转子堵住时间 t_g 内，保护装置能否可靠动作。

（4）电动机在运行时，需经常检查外壳表面温度，并确保其

不超过有关规定。

3. YB 系列隔爆型异步电动机的使用与维护

（1）电动机安装前，需进行下列各项检查，符合要求后方可使用。

① 应有防爆标志和防爆合格证。

② 电动机的防爆级别和温度等级，应符合爆炸性混合物场所的要求。

③ 所有紧固件必须完好，防爆外壳各部件之间连接要牢靠。

④ 所有防爆零件应无裂纹和影响隔爆性能的缺陷（未拆过的电动机可不检查）

⑤ 定子绕组与机座间的绝缘电阻是：额定电压为 380V 时，不低于 0.38MΩ；额定电压为 660V 时，不低于 0.66MΩ。

（2）电动机的传动方式为弹性联轴器或正齿轮传动（不允许带传动）。

（3）接线斗通过连通器和接线盒倾斜连接时，旋转接线盒 180°角，可以从另一侧进线。若旋转连通器 180°角而使接线斗和接线盒座成水平连接，则可以水平方向进线。

（4）铝心电缆不宜直接接在接线端子上，H132 机座及以上可通过铜铝过渡接头接入。接线用电缆与铝接头的规格如表 2-19 所示。

表 2-19　接线用电缆与铝接头的规格

接线盒规格	M5	M6	M8	M10
机座号	H80 ~ H112	H132 ~ H180	H200 ~ H225	H250 ~ H280
功率(kW)	0.55 ~ 4.0	2.2 ~ 22	15 ~ 45	30 ~ 90

续表

接线盒规格		M5	M6	M8	M10
电流(A)		1.50~8.0	5.70~12	33~84	61.6~164
电缆	铝心截面 VLX、XLV		16.25	25、35、50	70、95
	铜心截面 V、VP、W	4、1.5	4、6	25、35	16、25、35
	(mm^2)(上同)		10、16	10、16	50、70
铝接头			DTL-16 DTL-25	DTL-25 DTL-35 DTL-50	DTL-70 DTL-95
钢管布线 螺纹规格		M30×2	M36×2	M48×2	M64×2
密封圈外径		φ42	φ58	φ72	φ90
钢管布线密封圈最大钻孔径	主电缆	φ7	φ12	φ15	φ20
	接地电缆		φ8	φ9	φ13

(5) 引入的电缆芯线,需用接线压板或弓形垫圈压紧固定。

(6) 六端子接线盒,通过连接片改变其接法,可适应两种不同电压的需要。引入6根电缆时可适应Y-△启动。有2个进线口的接线盒只使用一个时,另一个进线口的2mm厚技术垫片不得除去。

2.4.8 YB系列隔爆型三相异步电动机绕组的技术数据

YB系列隔爆型三相异步电动机绕组的技术数据如表2-20所示。

表 2-20 YB 系列隔爆型三相异步电动机绕组的技术数据

型 号	额定功率(kW)	线规(mm)	匝 数	节 距	定子/转子槽数
YB801-2	0.75	1-ϕ0.63	111	1~9 2~10 11~18	18/16
YB802-2	1.1	1-ϕ0.71	90		
YB90S-2	1.5	1-ϕ0.85	74	1~9 2~10 11~18	18/16
YB90L-2	2.2	1-ϕ0.95	58		
YB100L-2	3	1-ϕ0.71 1-ϕ0.95	40	1~12 2~11	24/20
YB112M-2	4	1-ϕ1.06	48	1~16 2~15 3~14 1~14 2~13	30/26
YB132S1-2	5.5	1-ϕ0.9 1-ϕ0.95	44	1~16 2~15 3~14 1~14 2~13	30/26
YB132S2-2	7.5	1-ϕ1.0 1-ϕ1.06	37		
YB160M1-2	11	2-ϕ1.18 1-ϕ1.25	28	1~16 2~15 3~14 1~14 2~13	30/26
YB160M2-2	15	2-ϕ1.12 2-ϕ1.18	23		
YB160L-2	18.5	3-ϕ1.12 2-ϕ1.18	19		

续表

型号	额定功率(kW)	线规(mm)	匝数	节距	定子/转子槽数
YB180M-2	22	2-φ1.3 2-φ1.4	8	1~14	36/28
YB200L1-2	30	2-φ1.12 2-φ1.18	14	1~14	36/28
YB200L2-2	37	1-φ1.4 2-φ1.5	12		
YB225M-2	45	1-φ1.4 3-φ1.5	11	1~14	36/28
YB250M-2	55	6-φ1.4	10	1~14	36/28
YB280S-2	75	7-φ1.5	7	1~16	42/34
YB280M-2	90	8-φ1.5	6		
YB315S-2	110	13-φ1.5	4.5	1~18	48/40
YB315M-2	132	16-φ1.5	4		
YB315L-2	160	21-φ1.5	3.5		
YB801-4	0.55	1-φ0.56	128	1~6	24/22
YB802-4	0.75	1-φ0.63	103		
YB90S-4	1.1	1-φ0.71	81	1~6	24/22
YB90L-4	1.5	1-φ0.8	63		
YB100L1-4	2.2	2-φ0.71	41	1~9 2~10 11~18	36/26
YB100L2-4	3	1-φ0.71 1-φ0.95	31		

续表

型号	额定功率（kW）	线规（mm）	匝数	节距	定子/转子槽数
YB112M－4	4	1－φ1.06	46	1～9 2～10 11～18	36/26
YB132S－4	5.5	1－φ0.9 1－φ0.95	47	1～9 2～10 11～18	36/22
YB132M－4	7.5	2－φ1.06	35		
YB160M－4	11	2－φ1.3	28	1～9 2～10 11～18	36/26
YB160L－4	15	2－φ1.25 1－φ1.18	22		
YB180M－4	18.5	2－φ1.18	16	1～11	48/44
YB180L－4	22	2－φ1.3	14		
YB200L－4	30	2－φ1.06 2－φ1.12	12	1～11	48/44
YB225S－4	37	2－φ1.25	23	1～12	48/44
YB225M－4	45	2－φ1.4 2－φ1.3	10		
YB250M－4	55	3－φ1.3	18	1～12	48/44
YB280S－4	75	2－φ1.25 2－φ1.3	13	1～14	60/50
YB280M－4	90	5－φ1.3	10		

续表

型　　号	额定功率(kW)	线规(mm)	匝　　数	节　　距	定子/转子槽数
YB315S－4	110	2－ϕ1.5 4－ϕ1.4	8.5	1～16	72/64
YB315M－4	132	2－ϕ1.5 5－ϕ1.4	7		
YB315L－4	160	8－ϕ1.5	6		
YB90S－6	0.75	1－ϕ0.67	77	1～6	36/33
YB90L－6	1.1	1－ϕ0.75	63		
YB100L－6	1.5	1－ϕ0.85	53	1～6	36/33
YB112M－6	2.2	1－ϕ1.06	44	1～6	36/33
YB132S－6	3	1－ϕ0.85 1－ϕ0.9	38	1～6	36/33
YB132M1－6	4	1－ϕ1.06	52		
YB132M2－6	5.5	1－ϕ1.25	42	1～6	36/33
YB160M－6	7.5	2－ϕ1.12	38	1～6	36/33
YB160L－6	11	4－ϕ0.95	28		
YB180L－6	15	1－ϕ1.5	17	1～9	54/44
YB200L1－6	18.5	1－ϕ1.12 1－ϕ1.18	16	1～9	54/44 54/50
YB200L2－6	22	2－ϕ1.25	14		

续表

型　　号	额定功率(kW)	线规(mm)	匝　　数	节　　距	定子/转子槽数
YB225M－6	30	2－ϕ1.3 1－ϕ1.4	14	1～9	54/44
YB250M－6	37	1－ϕ1.12 1－ϕ1.18	14	1～12	72/58
YB280S－6	45	2－ϕ1.3 1－ϕ1.4	13		
YB280M－6	55	1－ϕ1.4 2－ϕ1.5	11		
YB315S－6	75	1－ϕ1.3 2－ϕ1.4	19		
YB315M－6	90	1－ϕ1.4 2－ϕ1.5	16		
YB315L1－6	110	2－ϕ1.4 2－ϕ1.5	14		
YB315L2－6	132	5－ϕ1.5	12		
YB132S－8	2.2	1－ϕ1.12	39	1～6	48/44
YB132M－8	3	1－ϕ1.3	31		
YB160M1－8	4	1－ϕ1.25	51	1～6	48/44
YB160M2－8	5.5	2－ϕ1.0	39		
YB160L－8	7.5	1－ϕ1.12 1－ϕ1.18	30		

续表

型　　号	额定功率 (kW)	线规 (mm)	匝　　数	节　　距	定子/转子槽数
YB180L-8	11	2-ϕ0.9	23	1~7	54/58
YB200L-8	15	1-ϕ1.5	20	1~7	54/50
YB225S-8	18.5	2-ϕ1.4	20	1~7	54/50
YB225M-8	22	2-ϕ1.5	17		
YB250M-8	30	3-ϕ1.3	11	1~9	72/58
YB280S-8	37	2-ϕ1.3	20	1~9	72/58
YB280M-8	45	1-ϕ1.4 1-ϕ1.5	17		
YB315S-8	55	3-ϕ1.0	29	1~9	72/58
YB315M-8	75	4-ϕ1.4	11		
YB315L1-8	90	5-ϕ1.4	10		
YB315L2-8	110	3-ϕ1.5	17		
YB315S-10	45	3-ϕ1.3	19	1~9	90/72
YB315M-10	55	3-ϕ1.5	15		
YB315L-10	75	4-ϕ1.5	11		

YB 系列隔爆型三相异步电动机的技术数据如表 2-21 所示。

表 2-21　YB 系列隔爆型三相异步电动机的技术数据

型　号	功率 (kW)	电流 (380V 时) (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量 (kg)
同步转速 3000r/min									
YB801－2	0.75	1.8	2 825	75	0.84	2.2	7.0	2.2	23
YB802－2	1.1	2.5	2 825	77	0.86	2.2	7.0	2.2	24
YB90S－2	1.5	3.4	2 840	78	0.85	2.2	7.0	2.2	31
YB90L－2	2.2	4.7	2 840	82	0.86	2.2	7.0	2.2	37
YB100L－2	3	6.4	2 880	82	0.87	2.2	7.0	2.2	45
YB112M－2	4	8.2	2 890	85.5	0.87	2.2	7.0	2.2	53
YB132S1－2	5.5	11.1	2 900	85.5	0.88	2.0	7.0	2.2	77
YB132S2－2	7.5	15.0	2 900	86.2	0.83	2.0	7.0	2.2	84
YB160M1－2	11	21.8	2 930	87.2	0.88	2.0	7.0	2.2	135
YB160M2－2	15	29.4	2 930	88.2	0.88	2.0	7.0	2.2	151
YB160L－2	18.5	35.5	2 930	89	0.89	2.0	7.0	2.2	70
YB180M－2	22	12.2	2 910	89	0.89	2.0	7.0	2.2	215
YB200L1－2	30	56.9	2 950	90	0.89	2.0	7.0	2.2	264

续表

型　号	功率 (kW)	电流 (380V 时) (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量 (kg)
YB200L2－2	37	69.8	2 950	90.5	0.89	2.0	7.0	2.2	290
YB225M－2	45	83.9	2 970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	420
YB250M－2	55	102.7	2 970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	505
YB280S－2	75	140.1	2 970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	650
YB280M－2	90	167	2 970	92	0.89	2.0	7.0	2.2	700
同步转速 1500r/min									
YB801－4	0.55	1.5	1 390	73	0.76	2.2	6.5	2.2	23
YB802－4	0.75	2.0	1 390	74.5	0.76	2.2	6.5	2.2	24
YB90S－4	1.1	2.7	1 400	78	0.78	2.2	6.5	2.2	33
YB90L－4	1.5	3.7	1 400	79	0.79	2.2	6.5	2.2	37
YB100L1－4	2.2	5.0	1 420	81	0.82	2.2	7.0	2.2	45
YB100L2－4	3	6.8	1 420	82.5	0.81	2.2	7.0	2.2	47
YB112M－4	4	8.8	1 440	84.5	0.82	2.2	7.0	2.2	58
YB132S－4	5.5	11.6	1 440	85.5	0.84	2.2	7.0	2.2	80

续表

型 号	功率 (kW)	电流 (380V时) (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量 (kg)
YB132M-4	7.5	15.4	1 440	87	0.85	2.2	7.0	2.2	95
YB160M-4	11	22.6	1 460	88	0.84	2.2	7.0	2.2	148
YB160L-4	15	30.3	1 460	88.5	0.85	2.2	7.0	2.2	166
YB180M-4	18.5	35.9	1 470	91	0.86	2.0	7.0	2.2	220
YB180L-4	22	42.5	1 470	91.5	0.86	2.0	7.0	2.2	270
YB200L-4	30	56.8	1 470	92.2	0.87	2.0	7.0	2.2	300
YB225S-4	37	69.8	1 480	91.8	0.87	1.9	7.0	2.2	390
YB225M-4	45	84.2	1 480	92.3	0.88	1.9	7.0	2.2	440
YB250M-4	55	102.5	1 480	92.6	0.88	2.0	7.0	2.2	510
YB280S-4	75	139.7	1 480	92.7	0.88	1.9	7.0	2.2	650
YB280M-4	90	164.3	1 480	93.6	0.89	1.9	7.0	2.2	800
同步转速 1000r/min									
YB90S-6	0.75	2.3	910	72.5	0.70	2.0	6.0	2.0	33
YB90L-6	1.1	3.2	910	73.5	0.72	2.0	6.0	2.0	38

续表

型号	功率(kW)	电流(380V时)(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数 cosφ	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
YB100L-6	1.5	4.0	940	77.5	0.74	2.0	6.0	2.0	44
YB112M-6	2.2	5.6	940	80.5	0.74	2.0	6.0	2.0	53
YB132S-6	3	7.2	960	83	0.76	2.0	6.5	2.0	76
YB132M1-6	4	9.4	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0	86
YB132M2-6	5.5	12.6	960	85.3	0.78	2.0	6.5	2.0	101
YB160M-6	7.5	17.0	970	86	0.78	2.0	6.5	2.0	141
YB160L-6	11	24.6	970	87	0.78	2.0	6.5	2.0	165
YB180L-6	15	31.6	970	89.5	0.81	1.8	6.5	2.0	260
YB200L1-6	18.5	37.7	970	89.8	0.83	1.8	6.5	2.0	265
YB200L2-6	22	44.6	970	90.2	0.83	1.8	6.5	2.0	287
YB225M-6	30	59.5	980	90.2	0.85	1.7	6.5	2.0	405
YB250M-6	37	72	980	90.8	0.86	1.8	6.5	2.0	505
YB280S-6	45	85.4	980	92	0.87	1.8	6.5	2.0	620
YB280M-6	55	104.9	980	92	0.87	1.8	6.5	2.0	690

续表

型　号	功率(kW)	电流(380V时)(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数 cosφ	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
同步转速 750r/min									
YB132S－8	2.2	5.8	710	81	0.71	2.0	5.5	2.0	77
YB132M－8	3	7.7	710	82	0.72	2.0	5.5	2.0	87
YB160M_1－8	4	9.9	720	84	0.73	2.0	6.0	2.0	123
YB160M_2－8	5.5	13.3	720	85	0.74	2.0	6.0	2.0	141
YB160L－8	7.5	17.7	720	86	0.75	2.0	5.5	2.0	165
YB180L－8	11	25.1	730	86.5	0.77	1.7	6.0	2.0	255
YB200L－8	15	34.1	730	88	0.76	1.8	6.0	2.0	265
YB223S－3	18.5	41.3	730	89.5	0.76	1.7	6.0	2.0	353
YB225M－8	22	47.6	730	90	0.78	1.8	6.0	2.0	402
YB250M－8	30	63	730	90.5	0.80	1.8	6.0	2.0	470
YB280S－8	37	78.7	740	91	0.79	1.8	6.0	2.0	610
YB280M－8	45	93.2	740	91.7	0.80	1.8	6.0	2.0	690

第 3 章　小功率单相异步电动机

3.1　小功率电动机的分类

1. 定义

(1) 小功率电动机。折算至 1 500r/min 时，最大连续定额功率不超过 1.1kW 的电动机。

(2) 马力电动机。折算至 1 000r/min 时，最大连续额定功率不超过 736W(1 马力)的电动机。

(3) 小功率直流电动机。具有与换向器相连接的电枢绕组和以直流电源或永久磁铁励磁的磁极，依靠直流电源运行的小功率电动机。

(4) 小功率交流电动机。依靠交流电源运行的小功率电动机。

(5) 小功率同步电动机。转子转速与供电电源频率之比为恒定值的小功率交流电动机。

(6) 小功率异步电动机。有负荷时的转子转速与供电电源频率之比不是恒定值的小功率交流电动机。

(7) 小功率单相异步电动机。依靠单相电源运行的小功率异步电动机。

(8) 分相电动机。它是一种单相异步电动机，有辅助绕组线路与主绕组线路并联，辅助绕组在磁场位置上相对于主绕组是偏移的，并采取措施使两绕组的电流有相位差。

2. 分类

按规定用途分的小功率电动机有：离合式电动机、制动电动

机、密封制冷压缩机用电动机。按专门用途分的有:空调的冷凝器和蒸发器风扇用电动机、家用洗衣机电动机、台扇电动机、吊扇用电动机、家用换气扇用电动机、家用缝纫机用电动冷却泵电动机、深井泵电动机、交流定时器电动机、吸油烟机电动机。

按结构特点分的小功率电动机有:电磁式、永磁式、圆柱式、外转子式、盘式、单向式、可逆式、爪极式、开启式、防滴式、防溅式、全封闭式、风气式、水气式、防水式、防爆式等。如图3-1所示为单相异步电动机的基本结构。

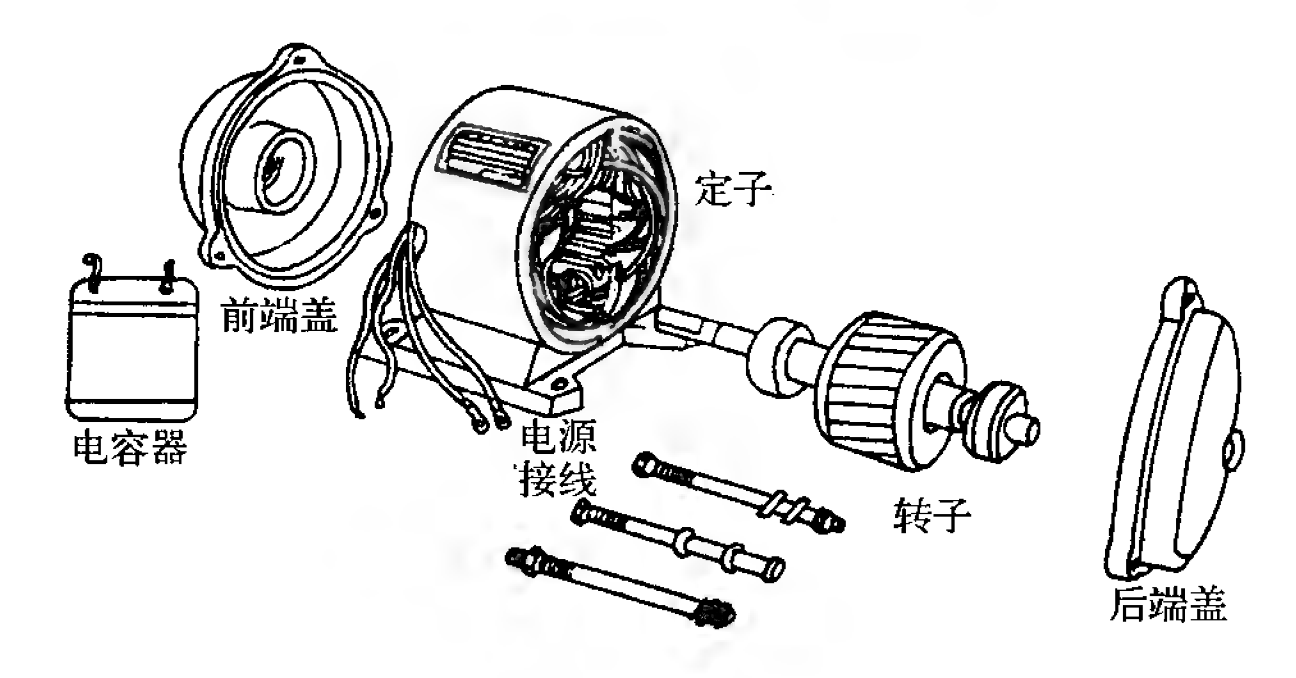


图3-1 单相异步电动机的基本结构

3.2 小功率单相异步电动机的技术特征与技术数据

3.2.1 小功率单相异步电动机的技术特征

小功率单相异步电动机的转子不能自行启动,所以在定子铁芯上装置了两套绕组:主绕组和副绕组。主绕组又称主相绕组、工作绕组,用以产生主磁场。副绕组又称副相绕组、启动绕组、辅

助绕组或罩极线圈，用以产生辅助磁场（副磁场）。主、副磁场合成旋转磁场，切割静止的转子导体，可产生一定的电磁转矩，使转子旋转。当转子转速达到75%～85%的同步转速时，可切断副绕组（电容运转和罩极式电动机除外），电动机仍继续旋转升速，直到与外阻抗转矩平衡而稳定运转。

单相异步电动机的接线原理、机械特性及主要技术数据如表3-1所示。

小功率单相异步电动机的定子和转子铁芯是用铁耗小、导磁好、厚度为0.5mm或0.35mm的硅钢片冲压而成的。定子铁芯槽安放主绕组和副绕组。转子铁芯槽内一般是铸铝，形式为鼠笼式。定子铁芯压装在机座内。机壳可用铸铁、铝合金或钢板制成。机座号按小功率电动机标准规定，有两种表示方法：一种是用电动机轴中心高度表示，是用底脚安装在家电产品整机上的；另一种是用电动机的机壳外径表示，是用机壳上靠近输出的轴端的凸像或凹槽来安装固定的。

3.2.2　小功率单相异步电动机的技术数据

小功率单相异步电动机定子绕组一般用漆包铜线绕制。主、副绕组的匝数、线规、绕组节距、分布形式，可以相同也可以不相同。

1. JZ系列单相异步电动机的技术数据

JZ系列单相异步电动机的技术数据如表3-2所示。

2. JY系列单相异步电动机的技术数据

JY系列单相异步电动机的技术数据如表3-3所示。

3. JX系列单相异步电动机的技术数据

JX系列单相异步电动机的技术数据如表3-4所示。

表 3-1 单相异步电动机的接线原理、机械特性及主要技术数据

表序	类别系列代号	接线原理图	机械特性曲线 $T/T_N=f(n)$ 曲线	主要技术数据						
				额定电压 (U_N/V)	最初启动电流 I_{sto}(A)	功率 (W)	同步转速 (r/min)	最大转矩倍数 T_{max}	最初启动转矩倍数 T_{sto}	启动中最小转矩 T_{min}
1	单相电阻启动 BO_2			220	9 ~ 30	60 ~ 370	1 500 ~ 3 000	>1.8	1.1 ~ 1.7	$\geq 0.8T_N$
				结构特点及适用范围	定子有两个空间位置互差 90°电角度的绕组:工作绕组和启动绕组。电阻值较大的启动绕组经启动开关与工作绕组并接于电源上。转子为鼠笼式。当转速达到额定值的 80% 左右时,离心开关使启动绕组电源切断 具有中等启动转矩和过载能力,适用于小型车床、鼓风机、医疗机械等					
2	单相电容启动 CO_2			220	9 ~ 37	120 ~ 370	1 500 ~ 3 000	>1.8	2.5 ~ 3.0	$\geq 1.0T_N$
				结构特点及适用范围	定子的结构同单相分相启动式,但启动绕组与一个容量较大的电容器串联后经离心开关与工作绕组并联于电源,产生较大的启动转矩,当启动达到一定转速后,离心开关使启动绕组与电源切断;正常运转时只有工作绕组工作。改变启动绕组与工作绕组并接的两端,可使转向改变 启动转矩高,适用于小型空气压缩机、电冰箱、磨粉机、医疗机械、水泵及满载启动的机械					

续表

表序	类别系列代号	接线原理图	机械特性曲线 $T/T_N=f(n)$ 曲线	主要技术数据						
				额定电压 (U_N/V)	最初启动电流 I_{sto}(A)	功率 (W)	同步转速 (r/min)	最大转矩倍数 T_{max}	最初启动转矩倍数 T_{sto}	启动中最小转矩 T_{min}
3	单相电容运转 DO_2			220	0.5～20	6～250	1 500～3 000	>1.8	0.35～1.0	$T_{min} \nless T_{sto}$（包括容差）
				结构特点及适用范围	定子有两个绕组（主绕线和副绕组），它们的空间位置互差90°电角度。副绕组串联一电容器后与主绕组并联于电源。电容量将副绕组电流移相，并使电动机近似为两相电动机状态工作。换接任一相绕组在电源上的接线，可使转向改变 启动转矩略低于同等级的单相电容启动电动机，但功率因数较高；电动机效率高、体积小、重量轻。它适用于电风扇、通风机、录音机、电子仪表、仪器、医疗器械及各种空载或轻载启动的机械					
4	单相双值电容启动 E			220		8～750	1 500～3 000	>2	1.8	
				结构特点及适用范围	启动和运转时分别使用数值不同的电容器（C_1 启动，C_2 运转。其副相回路是由两条分支回路并联后，再与副绕因串联。它具有较高的启动性能、过载能力、功率因数和效率，但结构复杂，适用于要求启动转矩大、力能指标高的家用电器，如泵、低噪声洗衣机等）					

续表

表序	类别系列代号	接线原理图	机械特性曲线 $T/T_N=f(n)$ 曲线	主要技术数据						
				额定电压 (U_N/V)	最初启动电流 I_{sto}(A)	功率 (W)	同步转速 (r/min)	最大转矩倍数 T_{max}	最初启动转矩倍数 T_{sto}	启动中最小转矩 T_{min}
5	单相罩极式			220		15 ~ 90	1 500 ~ 3 000		<0.5	
				结构特点及适应范围	有凸极定子和集中形式的主绕组。此外在定子极靴表面的一角套上有所谓罩极绕组的短路铜环。当主绕组通电后，罩极绕组感应出一个滞后主绕组的电流，该电流起到了移相作用，并形成旋转磁场使电动机运转 其启动转矩、功率因数和效率均较低，且不能反转。但其结构简单、成本低，适用于小型风扇、电动模型及各种轻载启动的小功率电动设备					

表 3-2　JZ 系列单相异步电动机的技术数据

型号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁芯长度 (mm)	转子外径 (mm)	气隙长度 (mm)	定子/转子槽数	主相导线线径 (mm)	辅相导线线径 (mm)
JZ7122	370	220	4	2	120	62	62	61.5	0.25	24/18	0.72	0.44
JZ7112	250		3				43				0.62	0.38

续表

型号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁芯长度 (mm)	转子外径 (mm)	气隙长度 (mm)	定子/转子槽数	主相导线线径(mm)	辅相导线线径(mm)
JZ7134	370	220	4.5	4	120	71	80	70.6	0.2	24/32	0.83	0.44
JZ7124	250		3.5				62				0.72	0.41
JZ7114	180		2.5				48				0.64	0.38
JZ6322	180		2	2	102	52	56	51.5	0.25	24/18	0.59	0.38
JZ6312	120		2				48				0.53	0.35
JZ6324	120		3	4		58	56	57.6	0.2	24/32	0.57	0.33
JZ6314	90		2				48				0.53	0.31
JZ5622	90		1.2	2	90	48	48	47.5	0.25	24/18	0.47	0.35
JZ5612	60		1				40				0.41	0.31
JZ5624	60		1.5	4		52	48	51.6	0.2	24/32	0.41	0.29
JZ5614	40		1				40				0.38	0.27

表 3-3 JY 系列单相异步电动机的技术数据

型号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	定子外径(mm)	定子内径(mm)	铁芯长度(mm)
JY7132	550	220	5	2	120	62	80
JY7112	250		2.5				48
JY7124	250		3.5	4		71	62
JY7114	180		2.5				48
JY7134	370		5				80

型号	转子外径(mm)	气隙长度(mm)	定子槽数	转子槽数	主相导线线径(mm)	辅相导线线径(mm)	电容器容量(μF)	电容器耐压(V)
JY7132	61.5	0.25	24	18	0.86	0.53	100	220
JY7112					0.62	0.47		
JY7124	70.5	0.2		22	0.72	0.47		
JY7114					0.64	0.41		
JY7134					0.83	0.49		

4. 新、老系列微型异步电动机的基本技术数据的区别

新、老系列微型异步电动机的基本技术数据的区别如表 3-5 所示。

5. 部分洗衣机电动机的技术数据

XDC、JXX、XD 型洗衣机电动机的技术数据如表 3-6 所示。

XDL、XDS 型洗衣机电动机的技术数据如表 3-7 所示。

6. 部分电冰箱压缩机电动机的技术数据

部分国产电冰箱压缩机电动机的技术数据如表 3-8 所示。

部分进口电冰箱压缩机电动机的技术数据如表 3-9 所示。

表 3-4 JX 系列单相异步电动机的技术数据

型号	功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	极数	定子铁芯外径(mm)	定子铁芯内径(mm)	铁芯长度(mm)	气隙长度(mm)	转子外径(mm)	定子/转子槽数	主相导线线径(mm)	辅相导线线径(mm)	电容器容量(μF)	电容器耐压(V)
JX5622	120	220	1.2	2	90	48	48	0.25	47.5	24/18	0.44	0.27	4	630
JX5612	90	220	1	2	90	48	40	0.25	47.5	24/18	0.38	0.25	4	630
JX5624	90	220	1	4	90	52	48	0.2	51.6	24/22	0.31	0.29	4	630
JX5614	60	220	0.8	4	90	52	40	0.2	51.6	24/22	0.29	0.27	4	630
JX5022	60	220	0.6	2	80	42	50	0.2	41.6	12/15	0.33	0.21	2	630
JX5012	40	220	0.5	2	80	42	50	0.2	41.6	12/15	0.33	0.21	2	630
JX5024	40	220	0.6	4	80	42	50	0.2	41.6	12/15	0.33	0.21	2	630
JX5014	25	220	0.5	4	80	42	50	0.2	41.6	12/15	0.31	0.21	2	630
JX4522	25	220	0.4	2	71	38	45	0.2	37.6	12/15	0.25	0.2	1	630
JX4512	15	220	0.25	2	71	38	45	0.2	37.6	12/15	0.23	0.19	1	630
JX4524	15	220	0.35	4	71	38	45	0.2	37.6	12/15	0.21	0.17	1	630
JX4514	8	220	0.25	4	71	38	45	0.2	37.6	12/15	0.2	0.16	1	630

表 3-5　新、老系列微型异步电动机的基本技术数据的区别

新系列 *			三相异步电动机		单相电阻启动异步电动机		单相电容启动异步电动机		单相电容运转异步电动机		单相双值电容异步电动机		老系列 *		
机座号	冲片外径(mm)	铁芯号	同步转速(r/min)										铁芯号	冲片外径(mm)	机座号
			3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500			
			电动机额定功率(W)												
45	φ71	1 2	16 25	10 16/ 15 * *					10 16/15	6 10/8			1 2	φ71	45
50	φ80	1 2	40 60	25 40					25 40	16/15 25			1 2	φ80	50
56	φ90	1 2	90 120	60 90					60 90	40 60			1 2	φ90	56
63	φ96	1 2	180 250	120 180	90 120	60 90			120 180	90- 120			1 2 3	φ102	63
71	φ110	1 2	370 550	250 370	180 250	120 180	180 250	120 180	250	180 250	370 550	250 370			
80	φ128	1 2	750	550 750	370	250 370	370 550	250 370			750 1 100	550 750	1 2	φ120	71
90 $\frac{S}{L}$	φ145						750 1 100	550 750			1 500 2 200	1 100 1 500	2 1	φ138	80
100L $\frac{1}{2}$	φ155						1 500 2 200	1 100 1 500			3 000	2 200 3 000			

注：* 新系列指相应的 AO_2，BO_2，CO_2，DO_2 及 YL 系列；老系列指 AO，BO，CO，DO 系列，无双值电容系列。

* * 斜线之上指新系列电动机功率，之下指老系列电动机功率。

表 3-6 XDC、JXX、XD 型洗衣机电动机的技术数据

电动机型号	额定输出功率 P(W)	定子铁芯			定子/转子槽数 (Z_1/Z_2)	气隙 δ (mm)	定子主绕组				定子副绕组			
		外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)			线径 d_c (mm)	槽节距	匝数	电阻值 R (20℃, Ω)	线径 d_c (mm)	槽节距	匝数	电阻值 R (20℃, Ω)
XDC-X-2	85	方形 101×101	88	39	24/34	0.88	ϕ0.38	1~6	170	33.7	ϕ0.35	4~9	170	38.8
								2~5	80			5~8	80	
XDC-T-2	20			19			ϕ0.25	1~6	310	109.2	ϕ0.19	4~9	455	276
								2~5	150			5~8	2 225	
JXX-90B	90	方形 124×124	80	25	24/34	0.20	ϕ0.41	1~7	107	37	ϕ0.41	4~10	107	37
								2~6	214			5~9	214	
XD-90	90	方形 120×120	70	30	24/22	0.30	ϕ0.42	1~6	220	32	ϕ0.42	4~9	220	32
								2~5	110			5~8	110	
XD-120	120			35			ϕ0.45	1~6	161	24.8	ϕ0.45	4~9	161	24.8
								2~5	118			5~8	118	
XD-180	180			45			ϕ0.53	1~6	160	18.5	ϕ0.53	4~9	160	18.5
								2~5	80			5~8	80	
XD-250	250			60			ϕ0.56	1~6	96	12.5	ϕ0.56	4~9	96	12.5
								2~5	69			5~8	69	

续表

电动机型号	额定输出功率 P(W)	定子铁芯			定子/转子槽数 (Z_1/Z_2)	气隙 δ (mm)	定子主绕组				定子副绕组			
		外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)			线径 d_c (mm)	槽节距	匝数	电阻值 R (20℃, Ω)	线径 d_c (mm)	槽节距	匝数	电阻值 R (20℃, Ω)
XD-90	90	方形 107×107	65	35	24/30	0.30	φ0.38	1～6	200	38.4	φ0.38	4～9	176	38.4
								2～5	100			5～8	100	
XD-120	120			40			φ0.41	1～6	176	27	φ0.41	4～9	176	27
								2～5	88			5～8	88	

注:相同型号的电动机的铁芯及绕组数据,因制造单位不同或同一单位但制造时间不同而会有差异。

表 3-7 XDL、XDS 型洗衣机电动机的技术数据

型号	额定功率 P (W)	额定电压 U (V)	额定频率 f (Hz)	满载时				定子铁芯			气隙长度 δ (mm)	定子/转子槽数 (Z_1/Z_2)	每套定子绕组				堵转电流 I (A)	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器容量 C (μF)
				电流 I (A)	转速 n (r/min)	效率 (%)	功率因数	外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)			线径 d_c (mm)	每极匝数	半匝平均长 (mm)	绕组节距				
XDL-90	90	220	50	0.88	1370	49	0.95	107	68	34	0.35	24/34	φ0.35	296	108.5	1～7	2.0	0.95	1.7	8
XDS-90																2～6				
XDL-120	120			1.1		52				40			φ0.38	253	114.5	1～7	2.5	0.9		9
XDS-120																2～6				

续表

型号	额定功率 P (W)	额定电压 U (V)	额定频率 f (Hz)	满载时				定子铁芯			气隙长度 δ (mm)	定子/转子槽数 (Z_1/Z_2)	每套定子绕组				堵转电流 I (A)	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器容量 C (μF)
				电流 I (A)	转速 n (r/min)	效率 (%)	功率因数	外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)			线径 d_c (mm)	每极匝数	半匝平均长 (mm)	绕组节距				
XDL-180	180	220	50	1.54	1370	56	0.95	107	68	50	0.35	24/34	ϕ0.45	195	124.5	1~7	4.0	0.8	1.7	12
XDS-180																2~6				
XDL-250	250			2.0		59				62			ϕ0.5	156	136.5	1~7	5.5	0.7		16
XDS-250																2~6				

注：定子有两套绕组，其线径、匝数、节距完全相同。电动机采用E级绝缘。

表3-8　部分国产电冰箱压缩机电动机的技术数据

压缩机组(冰箱)型号	LD-5801		QF-21-75		QF-21-93		QF-21-65		QF21-100		QZD-3.4	
额定电压 U(V)	220		220		220		220		220		220	
额定电流 I(A)	1.4		0.9		1.2		0.7		0.8		0.6	
输出功率 P(W)	93		75		93		65		100		75(输入)	
额定转速 n(r/min)	1 450		2 850		2 850		2 850		2 850		2 850	
定子绕组(采用QF漆包线)	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动

续表

压缩机组（冰箱）型号		LD-5801		QF-21-75		QF-21-93		QF-21-65		QF21-100		QZD-3.4	
导线直径 d(mm)		0.64	0.35	0.59	0.31	0.64	0.35	0.30	0.29 (0.33)	0.6	0.32	0.45	0.31
匝数	最小圈	71		45		43		59 (64)		53			
	小圈	96	30	87	40	62	33	79 (84)	72 (39)	72	45	83	36
	中圈	125	40	101	60	80	41	95 (101)	64 (45)	88	55	112	48
	大圈	65	50	117	70	93	45	105 (113)	74 (50)	114	59	137	188^{+124}_{-64}
	最大圈			120	200^{+140}_{-60}	101	101^{+76}_{-25}	105 (113)	87 (152^{+107}_{-54})	114	195^{+127}_{-68}	137	141^{+100}_{-41}
绕组总匝数		4×375	4×123	2×470	2×370	2×379	2×220	2×443 (445)	2×242 (286)	2×441	2×354	2×474	2×413
绕组电阻值 $R(\Omega)$		17.32	20.8	16.3	45.36							30.13	53.9
绕组槽节距：最小圈		3		3		3		3		3			
匝数	小圈	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	中圈	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	大圈	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	最大圈			11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

续表

压缩机组（冰箱）型号	LD-5801	QF-21-75	QF-21-93	QF-21-65	QF21-100	QZD-3.4
定子铁芯槽数	32	24	24	24	24	24
定子铁芯叠厚 t(mm)	28	25	36	30 ±0.5	30 ±0.5	35

压缩机组（冰箱）型号		LD-1-6		5608-Ⅰ		5608-Ⅱ		FB-515		FB-516 517(Ⅰ)		FB-505		FB-517 (Ⅱ)	
额定电压 U(V)		220		220		220		220		220		220		220	
额定电流 I(A)		1.1		1.6		1.6		1.2～1.5		1.3～1.7		0.7		1.1	
输出功率 P(W)		93		125		125		93		94		65		93	
额定转速 n(r/min)		2 850		1 450		1 450		1 450		1 450		2 860		2 860	
定子绕组（采用QF漆包线）		运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动
导线直径 d(mm)		0.64	0.35	0.7	0.37	0.72	0.35	0.60	0.38	0.64	0.38	0.51	0.31	0.64	0.38
匝数	最小圈			62	33	59						88	53	41	
	小圈	65	41	91	54	61	34	90		90	18	88	53	78	46
	中圈	85	50	101	65	81	46	118	41	110	35	131	79	88	64
	大圈	113	120^{+95}_{-25}			46	50	122	102	137	95	131	79	103	68
	最大圈	113	117^{-29}_{+97}									175	104	105	78

续表

压缩机组（冰箱）型号		LD-1-6		5608-Ⅰ		5608-Ⅱ		FB-515		FB-516 517(Ⅰ)		FB-505		FB-517（Ⅱ）	
绕组总匝数		2×376	2×323	4×363	4×157	4×247	1×130	4×330	4×143	4×337	4×148	2×618	2×368	2×415	2×248
绕组电阻值 $R(\Omega)$		12	33	14	27.2	10.44	23.25	19~20	24~25	14~16	21				
绕组槽节距	最小圈			3	3	3		3		3	3	3	3	3	
	小圈	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	中圈	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	大圈	9	9			9	9					9	9	9	9
	最大圈	11	11									11	11	11	11
定子铁芯槽数		24		32		32		32		32		24		24	
定子铁芯叠厚 t(mm)		35						28		28		30		40	

注：1. 电动机均为电阻（分箱）启动型。

2. （　　）中数据为改进后的数据。表中数据仅供维修时参考。

表 3-9　部分进口电冰箱压缩机电动机的技术数据

生产厂家		日本日立公司				日本东芝公司	
压缩机组（冰箱）型号		HQ-651-BR		V1001R		KL-12M	
额定电压 U(V)		220～240		220		220	
额定电流 I(A)		1.0		0.91		0.95	
输出功率 P(W)		62		93		80	
额定转速 n(r/min)		2 850		2 850		2 850	
定子绕组（采用耐氟漆包线 QF）		运行	启动	运行	启动	运行	启动
导线直径 d(mm)		0.62	0.31	0.62	0.38	0.57	0.41
匝数	最小圈			71			
	小　圈	58		81	43	80	
	中　圈	76	64	99	52	106	
	大　圈	102	72	116	60	110	128
	最大圈	108	82	104	66	118	130
绕组总匝数		2×344	2×218	2×471	2×221	2×414	2×258
绕组电阻值 R(Ω)		15	37	19.15	23	8.5+8.5	20.5

7. 部分顶扇、吊扇、排气扇电动机的技术数据

部分顶扇、吊扇、排气扇电动机的技术数据如表 3-10 所示。

8. 部分台扇电动机的技术数据

部分台扇电动机的技术数据如表 3-11 所示。

表 3-10 部分顶扇、吊扇、排气扇电动机的技术数据

风扇类型	规格 (mm)	额定输入功率 P (W)	额定频率 f (Hz)	额定电压 U (V)	极数	定子铁芯			气隙长度 δ (mm)	定子/转子槽数 (Z_1/Z_2)	初级绕组			次级绕组			节距	绕组形式	电容器容量 C (μF)	调速方法
						外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)			线规 d_c (mm)	每槽匝数	线圈数	线规 d_c (mm)	每槽匝数	线圈数				
顶扇	350		50	220	4	88	49	25	0.35	16/22	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1～4	单层链式	1.2	电抗器
	400							35			φ0.23	570		φ0.19	720					
吊扇	900	47	50	220	14	118	20	23	0.25	28/45	φ0.23	382	14	φ0.19	506	14	1～3	双层链式	1	无
	1 200	63			18	134.75	70.5	25		36/48	φ0.27	280	18	φ0.25	328	18	1～3 2～4		2	电抗器
	1 400	77				138.8	60	28			φ0.29	236			323				4	
						136.6	63.5	32	0.5		φ0.31	440			620		1～3		2	
排气扇	400	150	50	220	4	102	60	36	0.35	24/18	φ0.31	260	6	φ0.31	260	6	1～3 1～5/4	单层交叉式	4	无
	500	350				120	72	40	0.3	24/20	φ0.29	295		φ0.23	150		1～4 2～5	单层链式	2	
								56	0.25	24/18	φ0.47	105		φ0.35	170		1～6		6	

表 3-11　部分台扇电动机的技术数据

数据名称 \ 规格(mm) \ 牌号	五羊			钻石				华生			宝石花
	400	350	300	400	350	300	200	400	350	300	300
各挡转速功率 P(W)				60,50,40,35	50,40,30,26	45,35,32	28,18				42,34,30
气隙 δ(mm)	0.35			0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35		0.35
定子槽数	16			16	16	16	2	8	8		16
转子槽数	22			22	22	22	15	17	17		22
初级绕组线径 d_c(mm)	0.21	0.19	0.17	0.23	0.21	0.17	0.17	0.23	0.23	0.17	0.17
初级绕组匝数	540	750	800	570	720	800	1 270	530	560	634	800
初级绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
次级绕组线径 d(mm)	0.19	0.17	0.15	0.19	0.17	0.15	短路铜环 1×5	0.17	0.17	0.19	0.15
次级绕组匝数	350+350	480+480	600+400	720	930	1 000	2	890	790	620	1 000
次级绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4
槽绝缘等级	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A
轴承直径 d(mm)	8	8	8	8	8	8	6	7.8	7.8	8	9.5
调速方法	抽头	抽头	抽头	电抗器	电抗器	抽头	电抗器	电抗器	电抗器		抽头
电容器容量 C(μF)	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0		1.2	1.2	1.5	1.0

续表

数据名称 \ 规格(mm) \ 牌号	友谊	航海	金蝶	飞鹿	金鹿	春蕾	海鸥	天鹅
	350	300	300	400	400	350	300	300
各挡转速功率 P(W)		40,20			55,50,45,40	50,42,36	46,35,30	
气隙 δ(mm)	0.35	0.35	0.36	0.35	0.35	0.35	0.38	0.3
定子槽数	16	16	16	16	16	16	16	16
转子槽数	22	22	22	22	22	22	22	22
初级绕组线径 d_c(mm)	0.21	0.15	0.17	0.23	0.23	0.17	0.17	0.19
初级绕组匝数	720	840	800	570	570	750	800×4	800
初级绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	4	4
次级绕组线径 d_c(mm)	0.17	0.15	0.19	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15
次级绕组匝数	930	900	1 000	720	720	600+500	1 000	960
次级绕组线圈数	4	4	4	4	4	4	4	4
槽绝缘等级	E	E	A	E	A	A	A	A
轴承直径 d(mm)	8	滚珠 18# 8×22×7	8	8	8	9.5	7.8	8
调速方法	电抗器	抽头	抽头	电抗器	电抗器	抽头	抽头	抽头
电容器容量 C(μF)							1.2	

3.3　小功率单相异步电动机的启动元件及选择

小功率单相电阻启动异步电动机、单相电容启动异步电动机、单相双值电容异步电动机在启动后，都需要用启动开关将副绕组切离电源，或将副绕组和启动电容器一起切离电源。此时的启动开关和启动电容器就是单相异步电动机的启动元件。

1．启动开关

小功率单相异步电动机的启动开关，主要有机械式和电气式两大类，如离心开关、差动式启动继电器、电流式启动断电器、电压式启动继电器，还有新发展的半导体无触点PTC正温度系数热敏电阻元件等。

（1）离心开关是机械式启动开关

如图3-2所示是单相电动机工作绕组与启动绕组的分布。

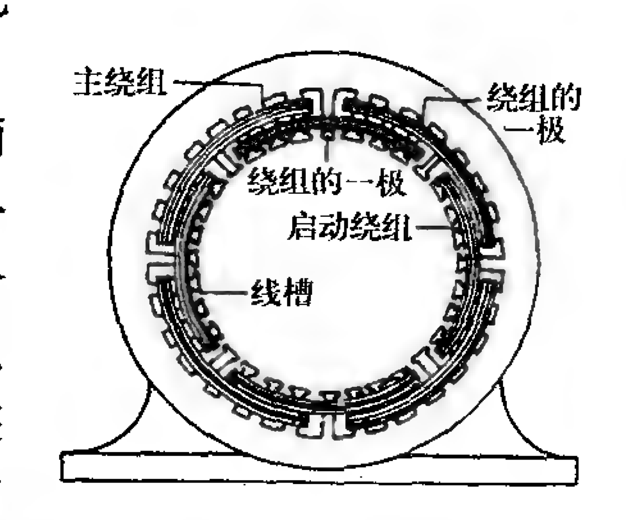
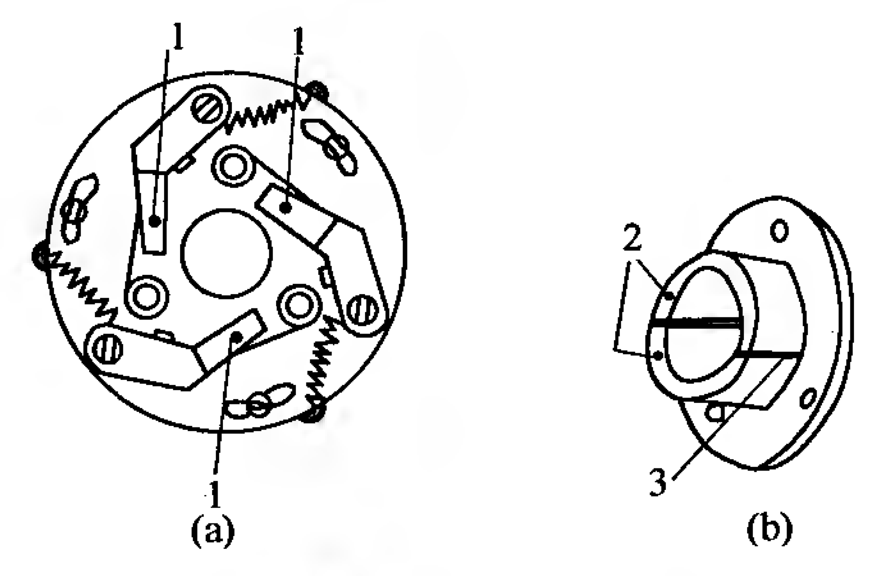


图3-2　单相电动机工作绕组与启动绕组的分布

离心开关的静触头部分是两个互相绝缘的半铜环，副绕组的一端和电源的一端分别焊接在两个半铜环上。静触头部分安装在电动机端盖内部。动触头部分则装在转轴上与静触头部分相对应的一端。动触头部分的铜条借弹簧力压紧在半铜环上，无论静触头部分转至任何位置，总有一根铜条使两个半铜环接通，即副绕组回路接通电源。启动后，当电动机转速达到75% ~85%的同步转速时，其离心力大于弹簧拉力，从而将三根铜条从静触头部分抬起，

将副绕组回路切离电源。

如图 3-3 所示是离心开关的一种结构。



1—指形铜触片；2—铜片；3—绝缘

（a）动触头部分；（b）静触头部分

图 3-3 离心开关的结构

（2）差动式启动继电器

它是将常闭触头串联在副绕组回路中，借弹簧力的作用使之闭合从而接通副绕组回路。电动机启动时，启动电流通过继电器的电流线圈产生电磁吸力，从而使常闭触头可靠地闭合。随着电动机转速的升高，启动电流的减小，继电器电流线圈产生的电磁吸力减弱，同时在继电器电压线圈电磁吸力的作用下，常闭触头打开，切断副绕组回路。

（3）电流式启动继电器

它是将常开触头串联在副绕组回路中，将电流线圈与主绕组串联。电动机接通电源后，比额定电流大几倍的启动电流通入继电器的电流线圈，从而产生足够的电磁吸力使触头闭合，并且接通副绕组回路，启动电动机。随着转速的升高，启动电流的减少，

当转速升高至同步转速的75%～85%时，继电器线圈中通过的电流减小到所产生的电磁吸力不足以维持触头的闭合，故触头打开，切断副绕组回路。

（4）电压式启动继电器

它是将继电器的电压线圈与副绕组并联，用常闭触头将启动电容器和副绕组串联。当电动机启动后，转速升高到70%左右的同步转速时，继电器电压线圈的电流增大到电磁吸力足以将触头打开，从而切断副绕组回路。

2. 电容器

启动电容器只在启动瞬间工作，通电时间一般只有数秒钟，可采用体积小、容量大、价格低廉的电解电容器。

运转电容器在电动机运行时也通电工作，故不能采用漏电较大、有极性的电解电容器，而应采用油浸式电容器或金属化纸介质电容器。

从维修角度而言，电容电动机若出现启动转矩太小或无启动转矩的故障时，应检查和判断电容器是否发生了断路或短路。

（1）电容器的电容量一般都标在其外壳上。电容器的电容量可用电容电桥测定，也可施加交流电压，通电流，测得电压和电流值后，用下式计算出。

$$C=\frac{I}{2\pi fU}\cdot 10^{6}(\mu F)$$

式中　I——通过电容器的电流（A）；

f——电源频率（Hz）；

U——附加在电容器上的电压（V）。

（2）启动电容器和运转电容器的电容值计算较为复杂，并且

计算出的电容量还得通过实践加以调整。对维修人员来说，可按经验公式估计，并参考同类型同规格电动机的电容初选定出。

对电容启动电动机，初步估计电容量为

$$C=(0.5\sim0.6)P_2(\mu F)$$

式中 P_2——电动机功率(W)。

对电容运转电动机，初步估计电容量时，可按每100W取用电容值2～4μF。

按重绕绕组计算数据绕制后，如果电动机的启动性能不佳时，可对副绕组或电容量进行调整。对于单相电阻启动异步电动机，如果其启动转矩不足，可减少副绕组匝数；若启动电流过大，应增加副绕组匝数或在副相回路中串接一定值的电阻。在单相电容启动、电容运转、双值电容这三种异步电动机中，如果启动转矩小，应增大电容量或增加副绕组匝数；如果启动电流过大，可增加副绕组匝数同时减少电容量；如果电容器的端电压过高，则应增大电容量或增加副绕组的电阻。

3.4 单相异步电动机的绕组类型

单相异步电动机的绕组有集中式和分布式两大类。集中式绕组的主要缺点是磁场波形差，会影响电动机的运行性能和效率，并且定子圆周利用率低，槽容积过大。除了凸极式小型罩极电动机定子以外，各类单相异步电动机一般都是分布式绕组。

分布绕组的形式很多。目前在单相异步电动机上普遍采用同心绕组和正弦绕组。以前也曾广泛采用单层叠绕组。

1. 同心绕组

同心绕组是由几个轴线相重合而跨越不同的线圈串联组成的绕组。它通常是单层绕组。

单相电阻起步异步电动机和单相电容启动异步电动机多采用单层同心绕组。这两种电动机的主绕组占定子总槽数的2/3，副绕组占总槽数的1/3。前者用120°相带，后者用60°相带。两绕组的轴线在空间相隔90°电角度。

如图3-4所示是4极24槽单相异步电动机的同心式定子绕组，其中A_1、A_2为主绕组的出线端，B_1、B_2为副绕组的出线端。

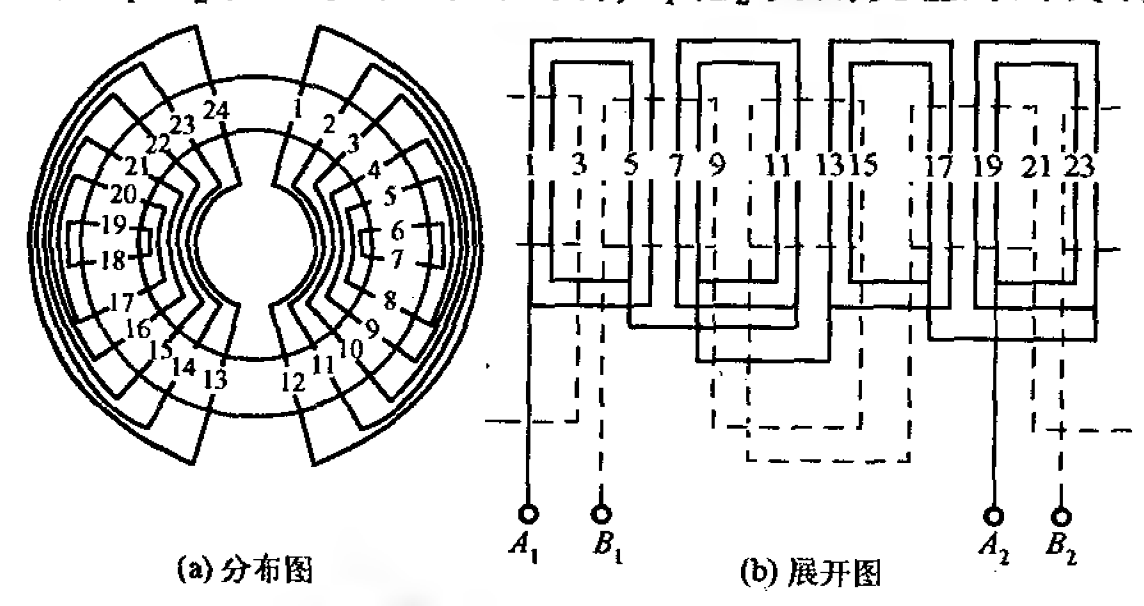


图3-4　4极24槽单相异步电动机的同心式定子绕组

2. 正弦绕组

正弦绕组都采用同心式绕组结构，但是它与一般的同心绕组不同。其最大特点是属于一相绕组的各槽导线数严格按照正弦规律分布。而且组成每一绕组的各个线圈的匝数不同，线圈节距越大的，匝数越多；节距越小的线圈，匝数越少。

单相电容运转异步电动机和单相双值电容异步电动机多采用正弦绕组。

如图3-5所示是4极24槽单相异步电动机正弦绕组的展开图。图中A_1、A_2为主绕组的出线端，B_1、B_2为副绕组的出线端。

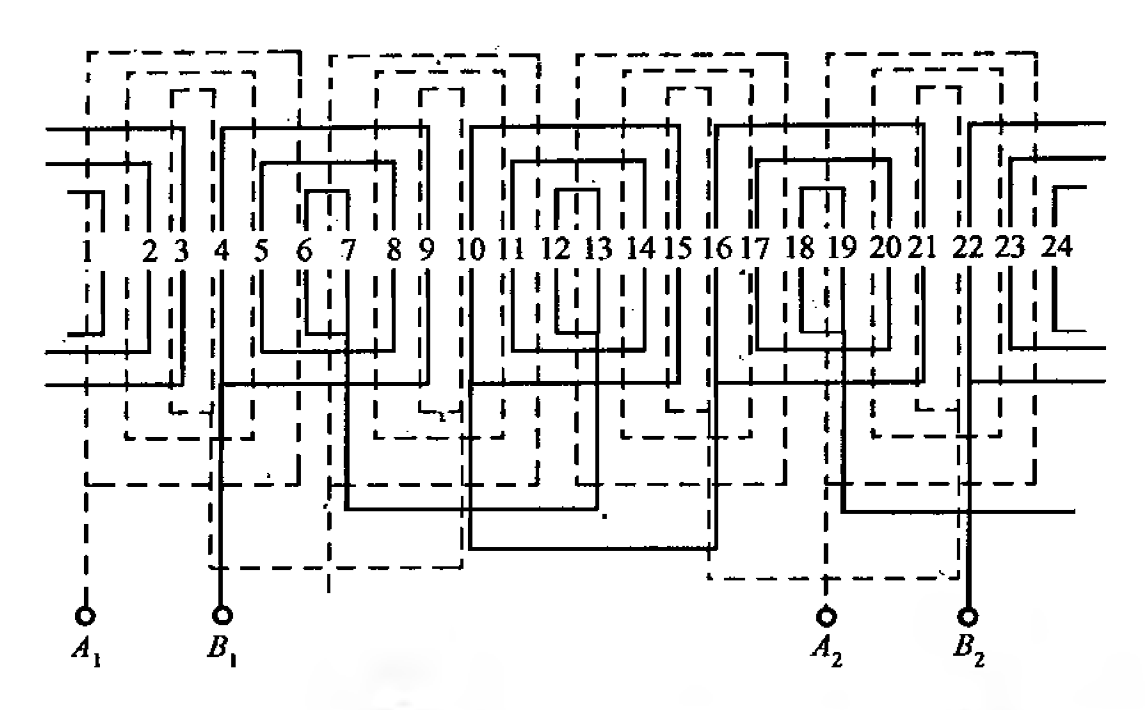


图 3-5 4 极 24 槽单相异步电动机正弦绕组的展开图

单相电容运转异步电动机的主、副绕组各占定子总槽数的1/2,即都是90°相带的同心绕组。它们的导体分布规律都相同,但轴线相互错开90°电角度。其每槽中同时嵌放主、副绕组,前者放在槽底,后者放在槽上层。其主、副绕组虽然同时占定子的全部槽,但是主绕组匝数较多的槽恰好是副绕组匝数较少的槽,所以各槽的总匝数是比较均匀的。同一相的电流流过该相的各槽线圈时,槽电流分布也符合正弦形,从而使由相绕组建立起来的磁势空间分布波形很接近正弦波。

应该指出,正弦绕组有绕制工艺复杂、费工时等缺点,但是其主绕组全部嵌在槽底,副绕组全部嵌放在槽的上层,因此嵌线修理也并不太困难。维修时也可能需对正弦绕组同一相各同心线圈的匝数进行计算,计算方法如下所示。

(1) 计算各同心线圈的正弦值

$$\sin X_i = \frac{\sin\gamma_i}{2} \cdot \frac{\pi}{\tau}$$

式中 $\sin X_i$——某同心线圈的正弦值；

γ_i——某同心线圈的节距；

π——每极电角度，$\pi = 180°$；

τ——极距(槽)；

π/τ——每槽电角度。

（2）每极线圈总正弦值

$$\sum_{n-1}^{n} \sin X_i = \sin X_1 + \sin X_2 + \cdots + \sin X_n$$

（3）各同心线圈占每极线圈的百分数

$$\alpha = \frac{\sin X_i}{\sum_{n-1}^{n} \sin X_i} \cdot 100\%$$

（4）各同心线圈的匝数

$$N_i = N \cdot \alpha$$

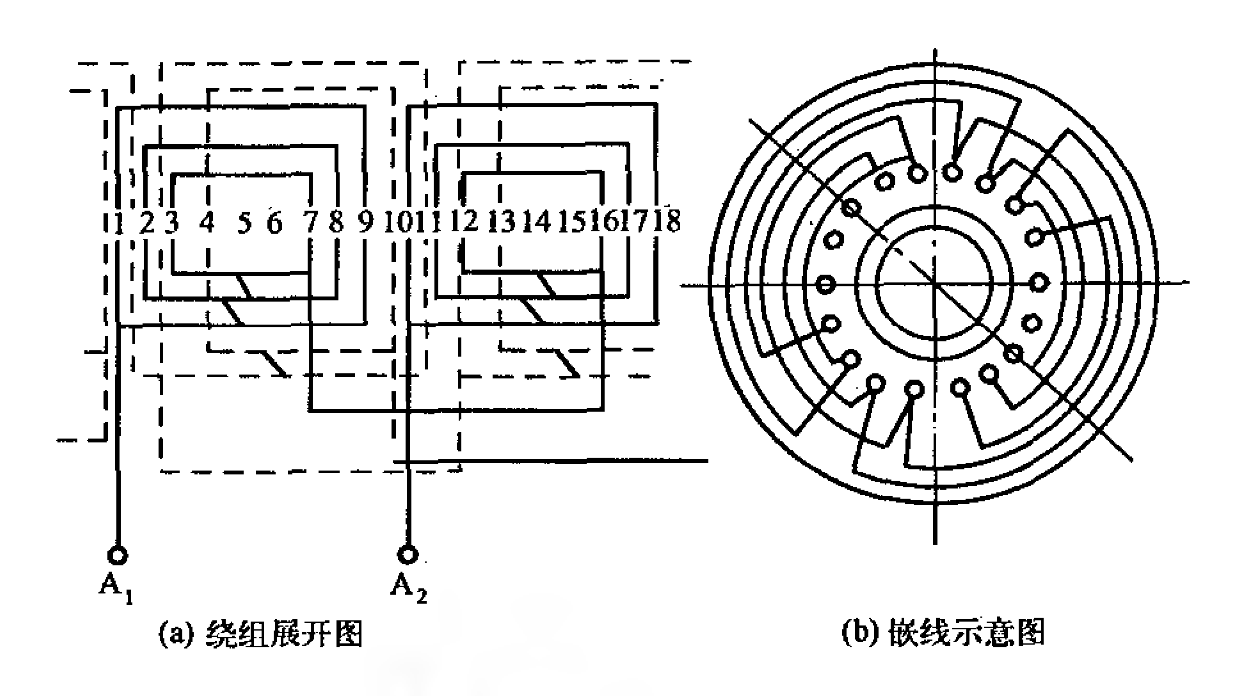
式中 N_i——某同心线圈的匝数；

N——每极线圈总匝数。

3. 单相凸极式罩极异步电动机绕组

凸极式罩极异步电动机的主绕组是集中绕组，它套在定子铁芯上。副绕组是罩极线圈或一个短路环，它套在磁极极靴的一部分上。

隐极式单相罩极异步电动机的主、副绕组都是分布绕组，分别嵌放在定子铁芯的线槽内。其主、副绕组的轴线在空间相隔40°~60°电角度。主、副绕组分别为独立的回路，并且副绕组自行短路，称为罩极线圈。主、副绕组的极性相同。如图3-6所示，是2极18槽单相罩极异步电动机定子绕组的示意图。图中A_1、A_2为主绕组的出线端。



(a) 绕组展开图　　(b) 嵌线示意图

图 3-6　2 极 18 槽单相罩极异步电动机定子绕组的示意图

4. 单层链式绕组

如图 3-7、图 3-8 所示，为单层链式绕组和单层叠式绕组的展开图。

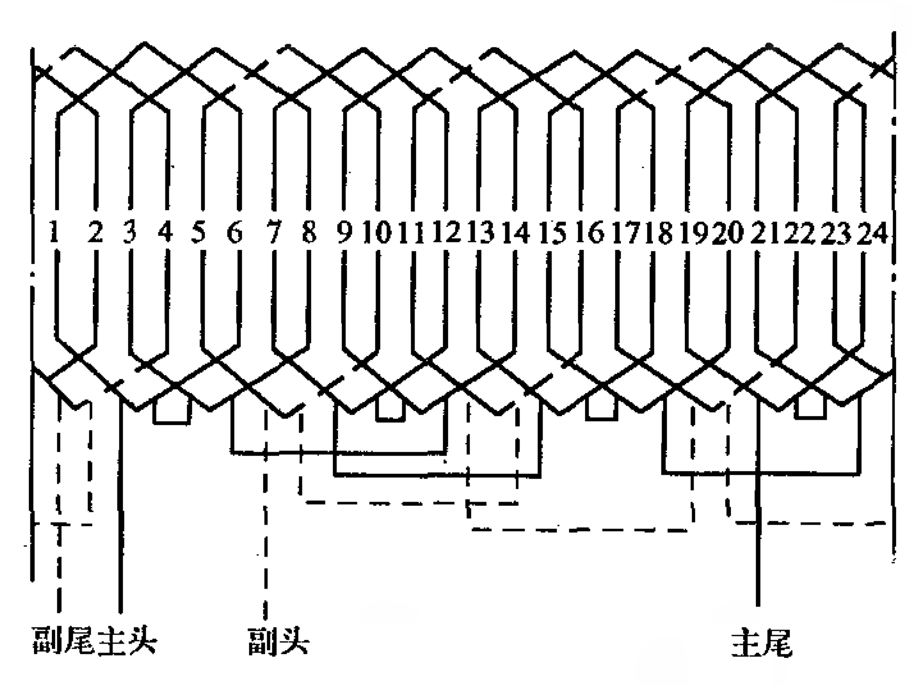


图 3-7　4 极 24 槽单层链式绕组的展开图

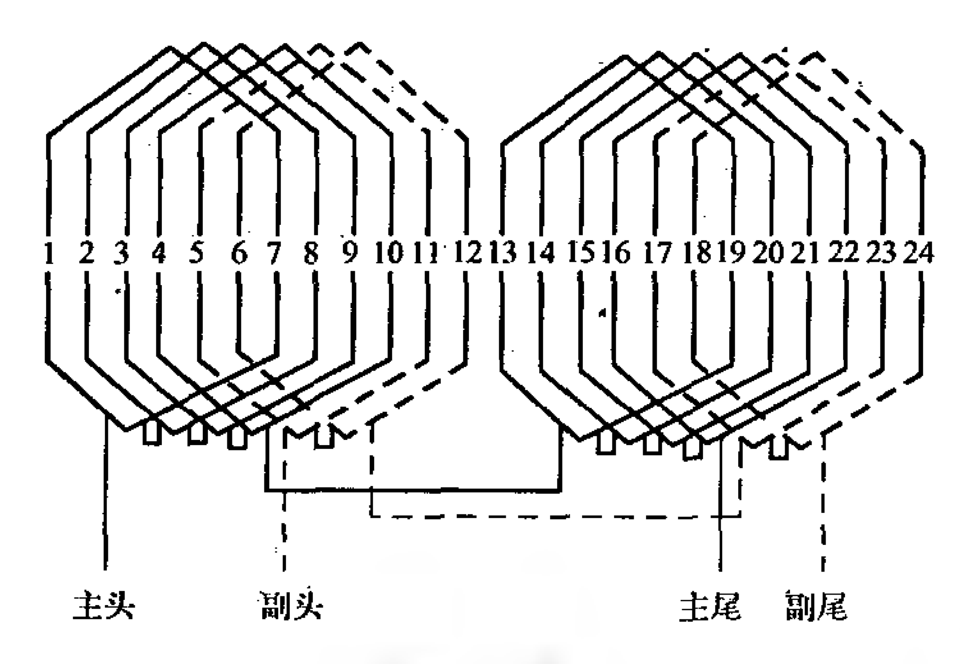


图3-8　4极24槽单层叠式绕组的展开图

如图3-9所示，为电动机定子绕组的实际嵌线图（横抛面），工艺上应先嵌主绕组的小线圈，后嵌主绕组的大线圈，之后按相同方法和步骤依次嵌入副绕组。

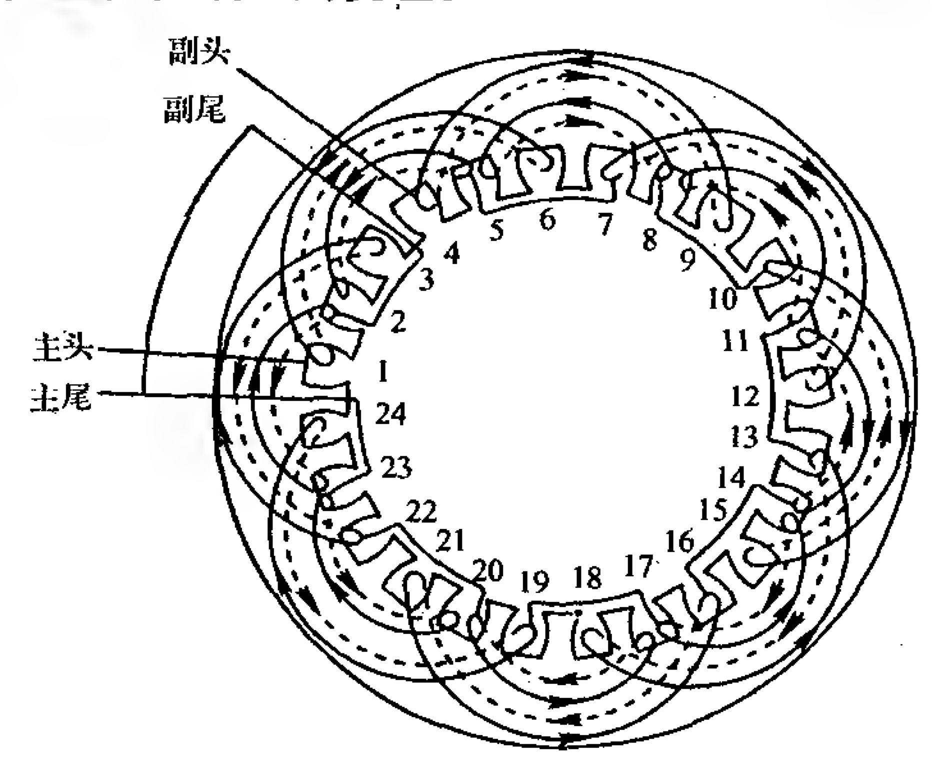


图3-9　电动机定子绕组的实际嵌线图

3.5 单相异步电动机的常见故障及处理方法

单相异步电动机的常见故障及其处理方法如表 3-12 所示。

表 3-12 单相异步电动机的常见故障及其处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电源电压正常，但通电后电动机不转	(1) 引线断路 (2) 主绕组或副绕组断路 (3) 启动开关的触点接触不良 (4) 电容器开路 (5) 轴承损坏 (6) 轴承装配不良 (7) 润滑脂固结 (8) 轴承内进入杂质 (9) 定子与转子相碰 (10) 电动机过载	(1) 用万用表检查断路处并处理 (2) 用万用表检查断路处并处理 (3) 检查启动开关并调整 (4) 更换电容器 (5) 更换轴承 (6) 重新装配轴承 (7) 更换合格的润滑脂 (8) 清洁轴承 (9) 调整定子与转子的同心度 (10) 减小负载或更换容量较大的电动机
2	空载时或在外力作用下能启动，但启动困难	(1) 副绕组断路或回路不通 (2) 启动开关接触不良 (3) 电容器开路	(1) 用万用表检查断路处并处理 (2) 检查启动开关并调整 (3) 更换电容器
3	电动机的转速达不到额定值	(1) 电源电压过低 (2) 主绕组短路或接线错误 (3) 轴承损坏或润滑不良 (4) 转轴弯曲 (5) 启动开关不能断开 (6) 负载过大	(1) 调整电源电压到额定值 (2) 改正接线错误的绕组 (3) 更换轴承或加润滑油 (4) 校正 (5) 调整或更换 (6) 减小负载或更换容量较大的电动机
4	电动机启动后，发热很快，或烧毁绕组	(1) 主绕组短路或接地 (2) 副绕组短路或接地 (3) 主、副绕组相互错位 (4) 启动后启动开关的触头断不开 (5) 电动机的负载过大或过小 (6) 电源电压不准	(1) 用万用表检查断路处并处理 (2) 用万用表检查短路处并处理 (3) 测量其电阻值或检查接头符号，改正接线 (4) 测量总电流和副绕组的回路电流，检修或更换启动开关 (5) 按照电动机的容量合理匹配负载 (6) 调整电源电压到额定值

续表

序号	故障现象	故障原因	处理方法
5	启动后电动机发热严重，输入功率太大	(1) 电动机过载 (2) 绕组短路或接地 (3) 定子、转子相擦 (4) 轴承损坏或卡住	(1) 调整电动机负载 (2) 用万用表检查短路处、接地处并处理 (3) 检查转轴是否弯曲，同心度是否正常 (4) 更换或检修轴承
6	通电后熔丝就熔断，电动机不能启动	(1) 绕组短路或接地 (2) 引出线接地 (3) 电容器短路	(1) 用万用表检查短路处、接地处并处理 (2) 正确连接引出线 (3) 更换电容器
7	电动机在运转时的噪声太大	(1) 绕组短路或接地 (2) 启动开关损坏 (3) 轴承损坏或润滑不良 (4) 轴承间隙太大 (5) 电动机内进入杂物 (6) 转轴弯曲 (7) 旋转部件与定子相碰	(1) 用万用表检查短路处、接地处并处理 (2) 检修或更换启动开关 (3) 检修或更换轴承 (4) 调整轴承间隙到正常值 (5) 拆卸电动机，清除内部杂物 (6) 校正或更换转轴 (7) 校正转子同心度
8	电动机发生不正常的振动	(1) 转子不平衡 (2) 皮带盘不平衡 (3) 伸出轴弯曲	(1) 校正转子平衡 (2) 校正静平衡 (3) 校正或更换转轴
9	电动机的轴承过热	(1) 轴承损坏 (2) 轴承的内、外圈配合不当 (3) 润滑脂过多、过少或太脏 (4) 皮带过紧或联轴节安装不良	(1) 更换轴承 (2) 调整轴承的内、外圈，使其配合适当，配合处不要相对滑动 (3) 更换轴承的润滑脂，加入量不能超过轴承室容积的70% (4) 调整合适的皮带张力，调整联轴节的平衡

3.6 单相异步电动机的拆装

单相异步电动机的结构与小功率三相异步电动机结构相似，因此它的拆装方法和步骤也基本相同。有些单相异步电动机采

用铸铝的机座和端盖，拆装时应特别注意，严禁用铁锤猛烈敲击，只许使用木锤和尼龙锤。另外，还应避免损坏轴承或转轴的轴承位置（出现划伤痕迹）。

1. 有离心开关的单相异步电动机拆装时的注意事项

（1）拆装离心开关时用力不能过猛，以免离心开关失灵或损坏。

（2）离心开关的开关板与后端盖必须固紧。

（3）定子绕组接离心开关的两根引线与开关板必须焊牢。

（4）后端盖固紧时，注意避免后端盖止口切断开关板与定子绕组的两根引线。

2. 电风扇在经过拆装后，再使用之前的注意事项

（1）应检查螺钉是否拧紧，风叶是否良好，调速器是否灵活，防护罩是否松动，轴承有无松动，摇头机构各连接部分是否灵活自如。

（2）检查电源引线有无损坏，电源插头和插座是否良好，电源进线有无碰线现象，要特别注意相线与零线、地线桩头不能接错。

（3）经通电试运转后无臭味，无异常杂声，且电动机表面不过热，才能允许使用。

3.7 设计和重绕单相异步电动机时参数的调整

在单相异步电动机的设计或重绕过程中，由于电动机的性能和各个参数之间存在着错综复杂的关系，有时往往达不到预定的技术要求，因此必须对参数进行调整，以求达到预计的目的。有关电动机参数的调整如表 3-13 所示。但必须注意到在调整过程

中，当调节某一个参数时，会影响到其他参数。因此，只能综合考虑这些相互联系的参数，使主要的参数、技术指标符合使用的要求。

表 3-13　单相异步电动机参数的调整

现　象	可能原因	调整方法	调整后对性能的影响
1. 过载能力低，M_{max} 太小	漏抗 X_S+X_R 太大	减少定子匝数和定子铁芯长度	磁路饱和程度加强；空载电流 I_0 增大；$\cos\varphi$ 降低
		增大气隙长度	I_0 增大，$\cos\varphi$ 降低
		减少转子斜槽角	最小转矩减少，电磁噪声增加
		增大槽口，采用宽而浅的槽形	
	转子电阻 r_R 太大	增大转子导条和端环的截面	r_R 减小，可能使 M_{st} 下降，P_{ALR} 减小，提高效率；可使 M_{max} 增大
		减少定子匝数	增加磁路的饱和程度；$\cos\varphi$ 下降；X_S、X_R 下降，可使 M_{max}、I_{st}、M_{st} 增大
2. 启动转矩 M_{st} 太小	漏抗 X_S+X_R 太大	见现象 1	见现象 1
	转子电阻 r_R 太小	减少转子导条和端环的截面	r_R 增大，使 n_N 下降；增大 P_{AlR}，效率也减少
	有效匝比 K 和电容器选择不当	可减少有效匝数比 K	引起 I_{st} 增大
		增大副绕组电阻对电抗的比值	减少导线截面积，电流密度会增加，发热也会增加
		在具有电容器的单相电动机中适当增大有效匝数比 K 或电容器容量	I_{st} 增加，电容器电压 U_C 也增加

续表

现　象	可能原因	调整方法	调整后对性能的影响
3. 启动电流 I_{st} 太大	漏抗 X_S+X_R 太小	增加定子匝数；转子采用闭口槽；加深转子槽形	增大 X_S+X_R 使 M_{max}、M_{st} 减少
	有效匝数比 K 或电容选择不当	在电阻启动电动机中，可增加 K	M_{st} 需减少
		在电容电动机中，适当减少 K 和 C	M_{st}、U_C 减少
4. 功率因数 $\cos\varphi$ 太低	空载电流太大	减少主磁路的饱和程度，增加定子匝数；增加铁芯长度；调整尺寸，降低饱和部分磁密	漏抗 X_S+X_R 增大，可能使 M_{max}，M_{st} 下降，且使电抗电流增大，消弱了提高 $\cos\varphi$ 的效果
		减少气隙的长度	增加装配制造上的困难；附加损耗和铁耗增加
	电容运转电动机中，K 和 C 匹配不当	调整 K 和 C 匹配，一般可加大 C 值	C 增加时，则 I_{st}、M_{st} 相应增加，且使运行时的副相电流增大
5. 效率 η 低	定子铜耗太大	缩短线圈端部	增加下线困难
		放大线径，降低电流密度	槽满率提高，下线困难
		降低定子匝数，可使定子、转子的电阻同时减少	磁密增加，I_0 增大，使 $\cos\varphi$ 下降；铁耗增加，η 增加；漏抗，X_S+X_R 减少，会使 I_{st} 增加
	转子铝耗 P_{ALR} 太大	现象 1	现象 1
	铁损耗 P_{Fe} 太大	增大铁芯长度	增加铁重和电动机长度
		增加定子匝数	增加用铜量，影响 η；X_S、X_R 增大，使 M_{max}，M_{st} 下降
		调整磁路，使各部分磁密适当	
		改善硅钢片的热处理；涂漆处理；采用新的低损耗的硅钢片	加工工时提高，而且成本也高
	机械损耗太大	提高轴承的质量和装配质量；改善润滑油脂	

另外，工艺或材料性能的不同对电动机性能影响很大。因此，在重绕或维修时，必须根据具体情况认真分析，然后采取措施进行解决。制造工艺和材料性能对微型异步电动机性能的影响，如表3-14所示。

表3-14 制造工艺和材料性能对微型异步电动机性能的影响

电动机性能出现不正确的现象	制造工艺或材料性能的波动因素	补救办法
1. 启动转矩低	(1) 定子绕组匝数绕多或绕组不对称 (2) 气隙偏小 (3) 转子槽口不齐(开口槽)，使漏抗增大 (4) 转子铸铝材料用错，使转子电阻减小 (5) 铸铝缺陷使转子绕组严重不对称	在保证力能指标和温升的前提下，适当缩小转子增大气隙；或在铸铝端环上割一道深而窄的环形槽
2. 最大转矩小	(1) 笼式转子有缺陷，使转子绕组明显不对称 (2) 转子斜槽度过大，使漏抗增加 (3) 定子绕组匝数多了，使漏抗增加	力能指标和温升允许时，缩小转子以减少漏抗
3. 功率因数低	(1) 转子外径偏小使气隙增大，锉槽口、齿胀等因素使等效气隙增大 (2) 由于铁芯叠压时压力不足或叠片数量不足、冲片毛刺过大以及叠片表面氧化过度，使得铁芯实际重量不足，磁密增高 (3) 定子绕组匝数不够 (4) 硅钢片材质有误，其导磁率低于设计值 (5) 定子、转子轴向错位 (6) 铸铝转子槽斜度过大，转子冲片偏心使定子、转子的电抗电流增加 (7) 气隙严重不均匀，使空载电流增大	电动机功率因数偏低，只能更换转子，减少气隙，或更换定子绕组，增加匝数

续表

电动机性能出现不正确的现象	制造工艺或材料性能的波动因素	补救办法
4. 效率低	(1) 定子绕组不对称，并联支路接头焊接不良，使定子铜耗增大 (2) 铸铝材质不对，电阻率偏高；铸铝材料含杂质过多或铝液温度过高，其中夹氧化铝；铸造缺陷（缩孔、气孔、断条、裂纹、浇铸不足）；铜条鼠笼焊接不良等使得转子电阻增大 (3) 冲片毛刺过大；叠压压力过高；铆接、焊接不当引起严重片间短路；硅钢片本身比损耗大；定子、转子表面加工引起片间电流；铁芯实际重量不足或定子绕组匝数偏少等因素使铁耗增大	电动机效率不合格，一般不易补救。在保证温升合格的情况下，可适当缩小风扇外径以减小风磨耗；如转子杂耗大，可在压铸后增加"脱壳"处理
5. 温升高	(1) 由于工艺原因使电动机的损耗增加（见效率低一项） (2) 绕组绝缘处理不良、定子铁芯和机壳配合不好使导热系数降低 (3) 零部件缺陷使通风路径风阻增大	已造好的电动机一般应先消除零部件缺陷，完善通风冷却。槽满率太低时，可增加浸漆次数；定子铁芯与机壳间热阻大时，可整浸定子

3.8 单相异步电动机绕组的重绕

对有故障的单相异步电动机，在确认绕组内部严重短路或已被烧毁时，应重新绕制绕组。

1. 记录各项数据

(1) 记录电动机的铭牌数据

记录电动机的铭牌数据便于了解该电动机的型号、功率、工

作电压、额定电流及转速，同时便于购买配件。

（2）记录绕组数据

记录的绕组数据包括绕组形式、各线圈节距、匝数和几何尺寸（单相电动机各个线圈的匝数和尺寸往往都不一样）、线径、连接、运转绕组和启动绕组之间的跨距、相互位置、绕线方法等，并及时将这些数据填入表3-15中。如果只有上面一层启动绕组烧坏，需要更换时，可只记录该部分线圈的资料。

表3-15　单相异步电动机的修理记录单

<table>
<tr><td colspan="5">铭牌数据
型号______　功率______　频率______　编号______
电压______　电流______　温升______
转速______　电容______　制造厂______　制造日期______</td></tr>
<tr><td>绕组名称</td><td>线径</td><td>支路数</td><td>节距</td><td>匝数</td></tr>
<tr><td>主绕组</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>辅助绕组</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">槽序号　1　2　3　4　5　6　7　8　9　10　11　12　13　14　15
16　17　18　19　20…35</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

2. 拆除旧绕组

单相电动机的运转绕组（主绕组）位于槽底部，而启动绕组（辅助绕组）则在槽上部，所以拆除绕组时，应先拆启动绕组，后拆运转绕组。

（1）拆除启动绕组

拆换启动绕组或其中一个线圈组时，先用划针将待拆的线圈

一端轻轻撬起来,然后将线圈的这一端剪断,并顺着铁芯槽把线圈剪断部分理直,从线圈的另外一端抽出该线圈。

拆除槽楔时,可以利用一根废锯条,先把锯条用锤子轻轻地将锯齿钉在槽楔上,再顺着锯条齿尖的方向敲一敲,槽楔便很快地退出槽子。

(2) 拆除整个定子绕组

拆除整个定子绕组的方法有加温拆法和冷拆法。

① 加温拆法就是将电动机放入烘箱,以大约100℃的温度烘0.5~1h后,取出来退出槽楔,并依次剪开绕组各个线圈的端部,从绕组的另一端逐个抽出线圈。

② 冷拆法是先准备一把合适的平錾子,一把锤子,然后将定子放稳,将錾子口的一个平面贴着定子铁芯槽的端面(这是冷拆工艺的关键),用锤子敲击齐槽口以切断各绕组的线圈边,再用一形状合适的铜棒将槽内的各线圈边逐个顶出,用这种方法拆除绕组后,铁芯槽内比较干净,不需花很多时间清槽。

3. 配置槽绝缘

单相电动机的槽绝缘有层间绝缘,覆盖纸及端部绝缘,只需一层0.4~0.5mm的聚酯薄膜青壳纸。

槽绝缘的长度取定子槽的全长加6~12mm,再两头打反折,以防止槽绝缘沿槽内滑动;层间绝缘的长度,一般掌握在两端各伸出铁芯8~12mm;覆盖纸的长度按照槽绝缘的长度而定。

端部绝缘,即线圈之间的绝缘,其尺寸大小应按端部实际形状裁剪,相邻线圈组应严格地分开,以保证线圈组之间绝缘良好。

4. 绕线及绕线模尺寸的确定

电动机绕组的重绕方法有三种:手绕、模绕和束绕。由于手

绕和束绕操作不方便，工作效率低，除局部更换绕组采用手绕法外，全部更换绕组时，一般采用模绕方法。模绕时，必须先用木制或金属材料制成的绕模绕好线圈，然后将绕好的线圈嵌入槽内。

线模的形状和尺寸的测定与三相电动机相似。最小线圈的直线部分两端伸出铁芯的长度大于6mm，最大线圈的端部不应与端盖相碰擦。由于线圈尺寸较小，每个线圈的线模可做成整块的，并给模心作出一定的斜度，以便取下线圈。线模模心的厚度一般以铁芯槽深的3/4来确定。

同心式绕组的绕线模如图3-10所示。绕线之前用螺母将一个极下面的数个同心模夹紧，绕线时从最小线圈开始，然后再绕较大的线圈。待全部绕好后，将每个线圈扎好，松开螺母，取下线圈。

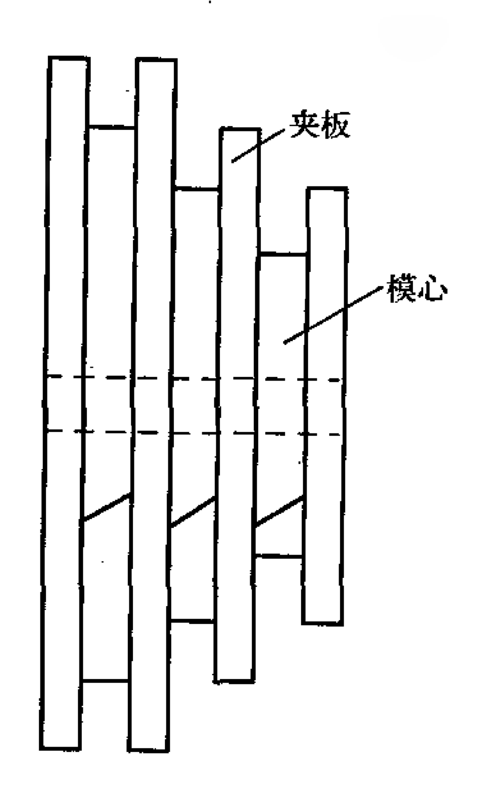


图3-10 同心式绕组的绕线模

5. 嵌线

嵌线前,应准备好嵌线用的绝缘材料(如层间绝缘、槽绝缘、槽楔和绑扎带等)和嵌线工具(如划针、压脚、手术用弯头长柄剪刀、橡胶锤子、顶销棒、垫打板等)。

嵌线时,注意不能损伤电磁线的绝缘。槽绝缘要在未嵌线之前全部放入槽内,位置要符合要求,线圈的有效边嵌入槽内后要排列整齐,线圈伸出铁芯两端的长度应适宜。

6. 绕组接线

(1) 单相电动机绕组接线具有以下两个基本特点

① 主、辅助绕组的接线方式基本一致。如果工作绕组(主绕组)是串联接法,则启动绕组(辅助绕组)也用串联接法。

② 不管电动机的极数有多少,同一绕组相邻两磁极的极性必须是相反的。所以两相邻线圈组的接法是:在串联接线时应当是“反串联”,即“头-头”连接或“尾-尾”连接。

(2) 工作绕组的串联接法

如图3-11所示,为4极分相电动机运转绕组的基本接法。

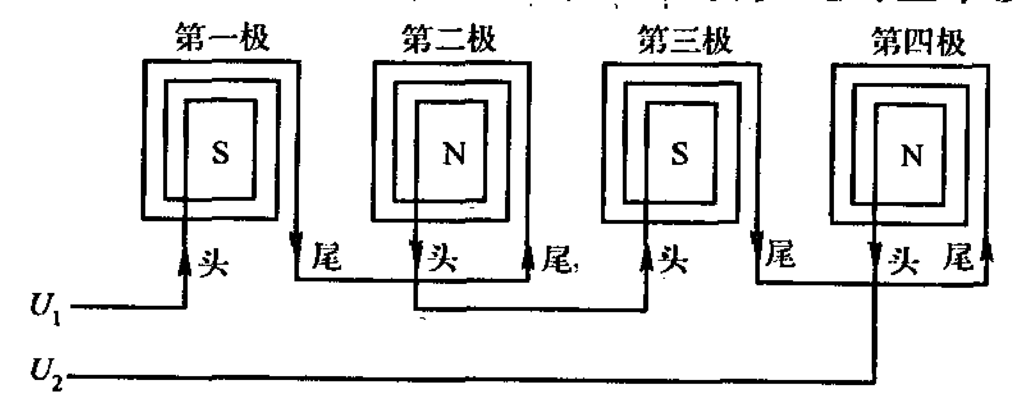


图3-11 4极分相电动机运转绕组的快速接法

为使画图简单,分相电动机绕组的接线图可以简化,如图

3-11可以简化成图3-12。图3-12中的长方块表示产生一个磁极的线圈组，S、N表示各线圈组产生的磁极极性，箭头则表示流经各线圈组的电流方向。

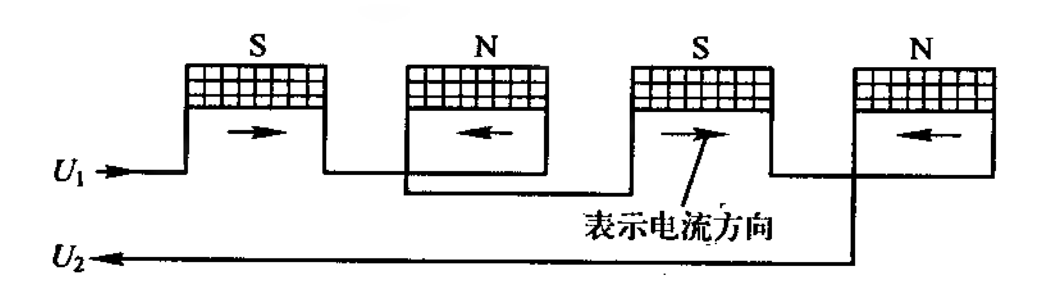


图3-12　分相电动机绕组接法的快速简化画法

（3）启动绕组的串联接法

启动绕组的接法与工作绕组的接法基本相同，不同之处是多一个启动开关。根据开关的串接位置不同，有两种接法：一是串接在启动绕组的中间，即串在第二和第三绕组中间；二是串接在启动绕组的首端或末端，如图3-13所示。

（4）运转电阻的并联接法

普通分相电动机一般都是采用串联接法，但也有少数电动机采用并联接法（或称双联法）。其接法也有两种：一是“头－头”或“尾－尾”相接；二是“头－尾”相接，如图3-14所示。

7．试验

为了判断绕组接线是否接错，可按右手螺旋法则、指南针法及铁打法等进行检查和验证，并用兆欧表检测绝缘。确认无误后，再进行绑扎、装机、点动试转，检查是否正常。

8．导线接头的焊接与包扎

焊接时先给两根待焊的导线留以适当的长度，并将电磁线线头绝缘漆刮去，长度约15～30mm，然后将两根电磁线紧紧地绞在

一起用锡焊牢。锡焊部分长度不少于10mm。焊口用20～30mm的蜡套管或聚氯乙烯套管套好。具体操作分为三步，如图3-15所示。

电动机引出线的焊接法与此相同。线焊好后进行整形，同时用白布带或玻璃丝绳将一次侧、二次侧绕组及引出线牢牢地绑在一起。

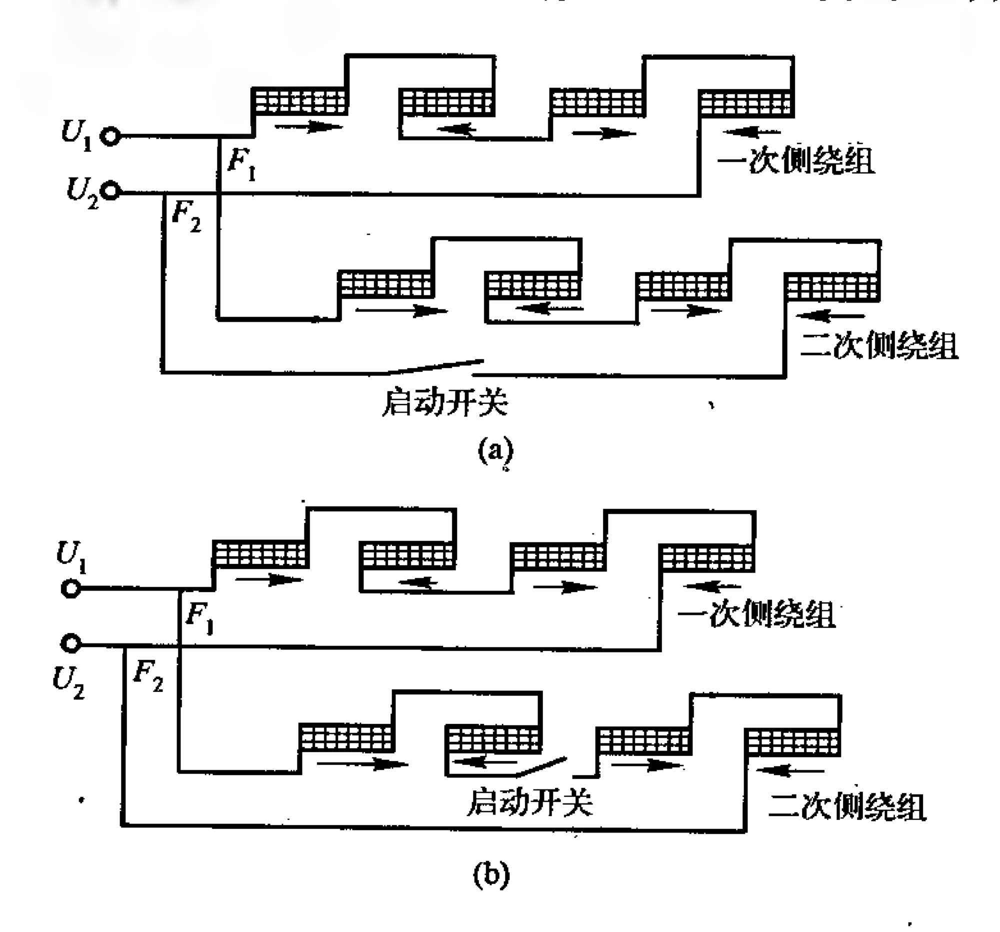


图3-13　单相4极电动机的接线图

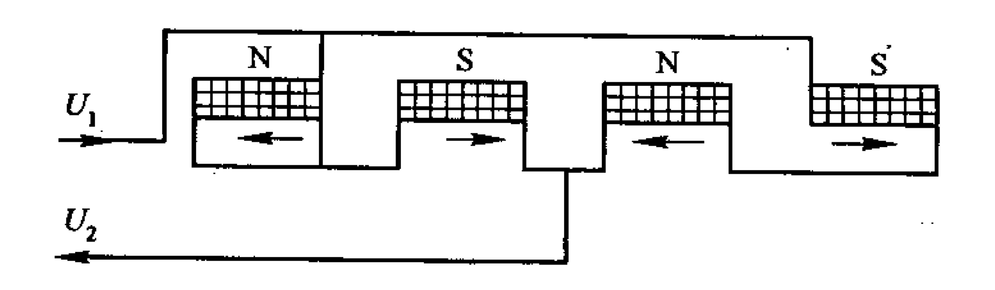


图3-14　运转绕组并联的第二种接法

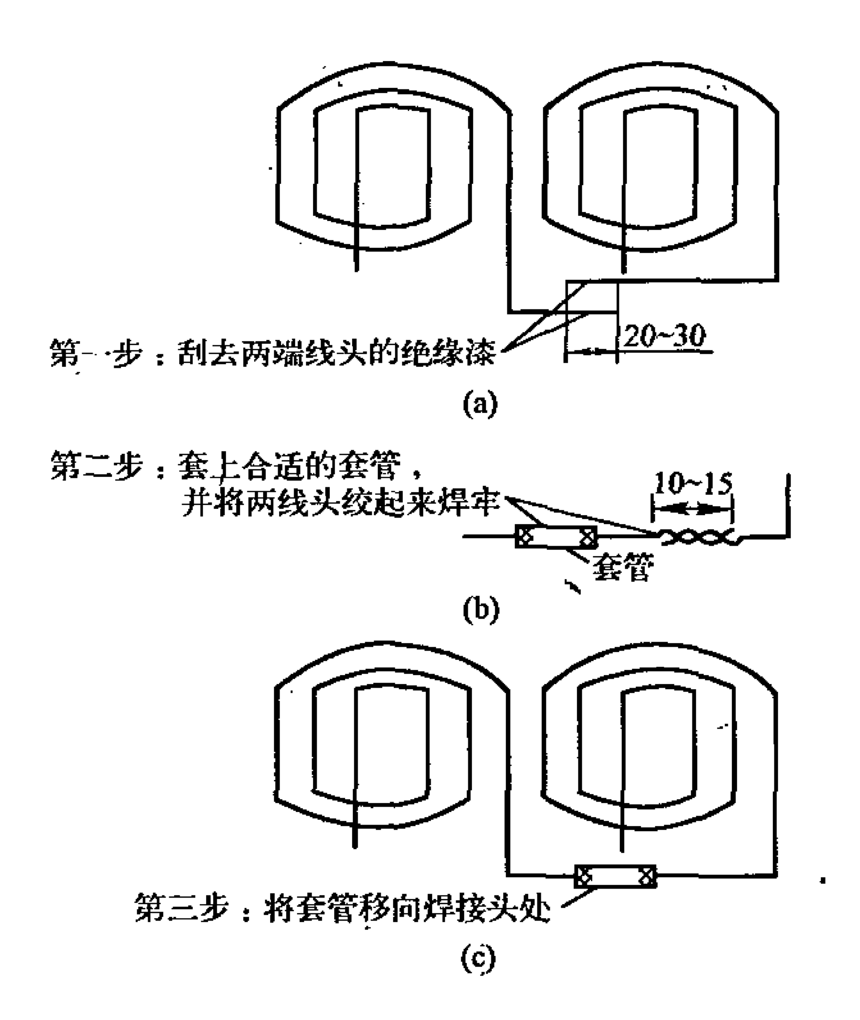


图3-15　绕组引出线头的焊接方法图

9. 浸漆与烘培

先将定子放在烘箱内预烘4～6h，保持温度为105～115℃，然后将温度降至80℃后，浸1 032漆10～15min，立起滴漆0.5h以上，再经6～8h烘培即可。

3.9　单相异步电动机绕组的嵌线

1. 单相单层同心式绕组的嵌线方法

单层同心式绕组嵌线时，应先嵌主绕组。方法是一个线圈组一个线圈组地嵌，在嵌每个线圈组时，先嵌小线圈，后嵌大线圈。将一次绕组嵌好线后，再用同样的方法将辅助绕组一一嵌进槽内。

2. 单相双层短距绕组的嵌线方法

单相双层短距绕组的嵌线方法与三相双层短距绕组完全一样，现以 $2P=4$，$Q_1=24$ 槽为例，说明嵌线方法。

如图 3-16 所示，图中的①，②，③，…，⑦，⑧为线圈组号，其主、辅助绕组的线圈节距 $y=4$，即 1 跨 5，线圈数 $q_1=4$，$q_1=2$。具体嵌线工艺如下：

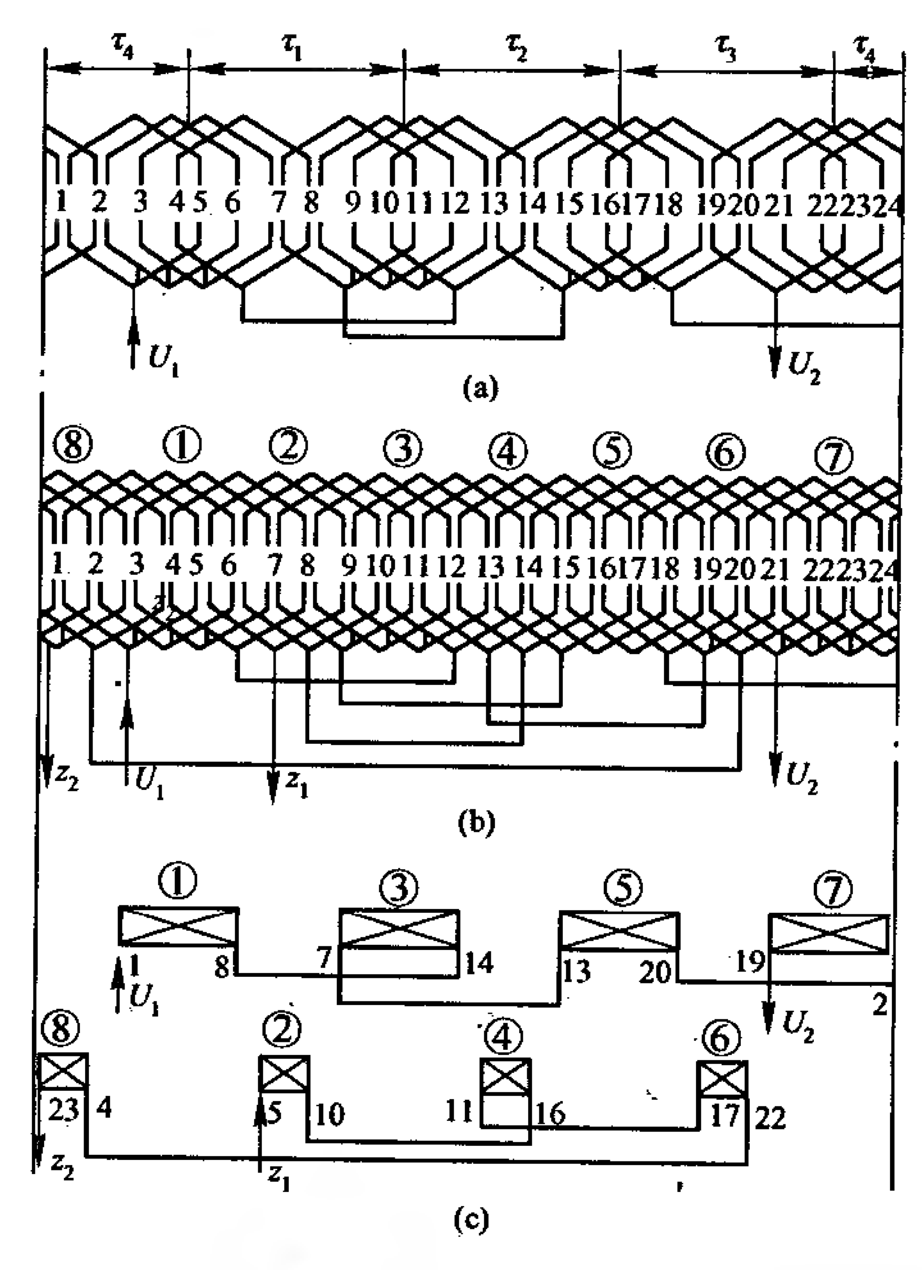


图 3-16　单相 24 槽双层绕组的端部接线及嵌线展开图

（1）嵌线前，注意使线圈的引出线置于靠近机壳上有出线孔的一端，以免线引出时困难。嵌线时，习惯左端进线圈的应将机壳带出线孔的一端朝左，且放置稳当。

（2）开始嵌线时，首先要确定暂时不嵌的启动线圈的上层边。先将线圈组①的4个线圈下层边依次嵌入5,6,7,8槽内。而线圈组①的上层边，由于要压着线圈组⑧全部及线圈组⑦部分的下层边，所以暂时不能嵌入相应的1,2,3,4槽内。

（3）嵌完4个启动线圈的下层边以后，在它的上面放好层间绝缘并压紧，再依次嵌线圈组②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧的各个线圈的下层边和上层边。每个下层边嵌进槽以后，都要在它的上面放好层间绝缘。

（4）直到全部线圈的下层边嵌进槽以后，方可把启动线圈的4个上层边依次嵌入槽子的上层。线圈组①的第4只线圈的上层边是最后一个嵌进4号槽内的。

（5）同相的各线圈组之间的连接，按反串联规律，即上层边引出线接上层边引出线，因为它们位于上面，又叫面接线。下层边的引出线接下层边的引出线，因为它们位于槽底，又叫底接线。

第 4 章　驱动微型电动机

4.1　交流驱动微型电动机的规格代号

微型异步电动机是用于小型机床、医疗器械、家用电器的驱动电动机。其使用条件为环境温度不高于 +40℃，海拔高度不高于 1 000m。产品型号后附加“TH”字母的为温热地区使用型。驱动微型电动机代表符号的说明如表 4-1 所示。

表 4-1　系列驱动微型电动机代表符号的说明

系列代表符号	内 容 说 明
AO	为三相电动机，其最初启动转矩与额定转矩之比不小于 2.2
BO	为单相分相启动电动机（启动装置有离心开关和启动继电器两种），最初启动转矩与额定转矩之比，按电动机的不同功率、不同转速为 1.25～2.2
CO	为单相电容启动电动机（启动装置为离心开关），其最初启动转矩与额定转矩之比，按不同的电动机功率为 3～3.5
DO	为单相电容运转电动机，其最初启动转矩与额定转矩之比，按电动机的不同功率为 0.35～0.7
AO_2	为三相
BO_2	为单相电阻启动电动机（离心式启动开关在电动机的端盖内）
CO_2	为单相电容启动电动机（离心式启动开关在电动机内部，启动电容器在电动机的左上方）
DO_2	为单相电容运转电动机
	AO，BO，CO，DO 系列电动机的安装方式
A_1	机座有底脚，端盖上无凸缘

续表

系列代表符号	内容说明
A_2	机座有底脚,端盖上有凸缘
A_3	机座无底脚,端盖上有凸缘,小法兰形式
A_{3d}	机座无底脚,端盖上有凸缘;大法兰形式
	AO_2,BO_2,CO_2,DO_2 系列电动机的安装方式
B_3	机座有底脚,端盖上无凸缘
B_{34}	机座有底脚,端盖上有小凸缘
B_5	机座无底脚,端盖上有大凸缘
B_{14}	机座无底脚,端盖上有小凸缘,电动机轴伸在有凸缘端

4.2　微型异步电动机的技术数据

4.2.1　AO,BO,CO,DO 系列微型异步电动机的技术数据

AO,BO,CO,DO 系列微型异步电动机的技术数据,如表4-2、表4-3、表4-4、表4-5所示。

4.2.2　AO_2,BO_2,CO_2,DO_2 系列微型异步电动机的技术数据

AO_2,BO_2,CO_2,DO_2 系列微型异步电动机的技术数据,如表4-6、表4-7、表4-8、表4-9所示。

4.2.3　AO,BO,CO,DO,AO_2,BO_2,CO_2,DO_2 系列微型异步电动机的安装尺寸

AO,BO,CO,DO,AO_2,BO_2,CO_2,DO_2 系列微型异步电动机的安装尺寸,如表4-10所示。

表 4-2　AO 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
AO5012	60	0.23	380	50	2 800	58	0.66	2.2	6	2.4
AO5022	90	0.31	380	50	2 800	61	0.69	2.2	6	2.4
AO5014	40	0.25	380	50	1 400	44	0.53	2.2	6	2.4
AO5024	60	0.32	380	50	1 400	50	0.56	2.2	6	2.4
AO5612	120	0.36	380	50	2 800	66	0.74	2.2	6	2.4
AO5622	130	0.52	380	50	2 800	69	0.76	2.2	6	2.4
AO5614	90	0.38	380	50	1 400	57	0.61	2.2	6	2.4
AO5624	120	0.45	380	50	1 400	62	0.63	2.2	6	2.4
AO6312	250	0.66	380	50	2 800	71	0.78	2.2	6	2.4
AO6322	370	0.96	380	50	2 800	72.5	0.80	2.2	6	2.4
AO6332	550	1.38	380	50	2 800	74.5	0.81	2.2	6	2.4
AO6314	180	0.64	380	50	1 400	64	0.66	2.2	6	2.4
AO6324	250	0.82	380	50	1 400	67	0.68	2.2	6	2.4
AO6334	370	1.15	380	50	1 400	69	0.70	2.2	6	2.4
AO7112	750	1.82	380	50	2 800	76	0.82	2.2	6	2.4
AO7114	550	1.6	380	50	1 400	72	0.72	2.2	6	2.4
AO7124	750	2.0	380	50	1 400	74	0.74	2.2	6	2.4

注:表内数据引自广州微电机厂的样本(以下表同)。

表 4-3　BO 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	启动电流 (A)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
BO6312	120	1.4	220	50	2 800	56	0.68	14	1.3	1.8
BO6322	180	1.95	220	50	2 800	60	0.70	17	1.3	1.8
BO6332	250	2.5	220	50	2 800	63	0.72	22	1.1	1.8
BO6314	90	1.65	22	50	1 400	43	0.57	12	1.6	1.8
BO6324	120	1.95	220	50	1 400	48	0.58	14	1.4	1.8
BO6334	180	2.6	220	50	1 400	52	0.59	17	1.4	1.8
BO7112	370	3.5	220	50	2 800	65	0.74	30	1.1	1.8
BO7114	250	3.2	220	50	1 400	58	0.61	22	1.2	1.8
BO7124	370	4.25	220	50	1 400	62	0.63	30	1.2	1.8

表 4-4　CO 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	启动电流 (A)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
CO6322	180	1.95	220	50	2 800	60	0.70	12	2.8	1.8
CO6332	250	2.5	220	50	2 800	63	0.72	15	2.8	1.8
CO6324	120	1.95	220	50	1 400	48	0.58	9	2.8	1.8

续表

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动电流(A)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
CO6334	180	2.6	220	50	1 400	52	0.59	12	2.8	1.8
CO7112	370	3.5	220	50	2 800	65	0.74	21	2.5	1.8
CO7122	550	4.8	220	50	2 800	68	0.76	29	2.5	1.8
CO7114	250	3.2	220	50	1 400	58	0.61	15	2.8	1.8
CO7124	370	4.3	220	50	1 400	62	0.63	21	2.5	1.8
CO8012	750	6.25	220	50	2 800	70	0.78	37	2.5	1.8
CO8014	550	5.83	220	50	1 400	65	0.66	29	2.5	1.8
CO8024	750	7.27	220	50	1 400	68	0.69	37	2.5	1.8

表 4-5　DO 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动电流(A)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
DO4512	15	0.21	220	50	2 800	36	0.85	1	0.6	1.6
DO4522	25	0.32	220	50	2 800	42	0.85	1.5	0.6	1.6
DO4514	8	0.2	220	50	1 400	23	0.80	0.8	0.6	1.6
DO4524	15	0.28	220	50	1 400	30	0.80	1	0.6	1.6
DO5012	40	0.45	220	50	2 800	48	0.85	2	0.5	1.6

续表

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动电流(A)	启动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
DO5022	60	0.55	220	50	2 800	53	0.90	2.5	0.5	1.6
DO5014	25	0.38	220	50	1 400	35	0.82	1.5	0.5	1.6
DO5024	40	0.55	220	50	1 400	40	0.82	2	0.5	1.6
DO5612	90	0.78	220	50	2 800	58	0.90	3.2	0.35	1.6
DO5622	120	0.95	220	50	2 800	62	0.90	5	0.35	1.6
DO5614	60	0.7	220	50	1 400	45	0.85	2.5	0.35	1.6
DO5624	90	0.95	220	50	1 400	49	0.85	3.2	0.35	1.6
DO6312	180	1.4	220	50	2 800	65	0.90	7	0.35	1.6
DO6314	120	1.15	220	50	1 400	53	0.88	5	0.35	1.6
DO6324	180	1.6	220	50	1 400	57	0.88	7	0.35	1.6

表4-6 AO_2 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
AO_2—4512	16	0.082	380	50	2 800	49	0.57	2.2	6	2.4

续表

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
AO_2—4522	25	0.12	380	50	2 800	52	0.60	2.2	6	2.4
AO_2—4514	10	0.115	380	50	1 400	24	0.44	2.2	6	2.4
AO_2—4524	16	0.162	380	50	1 400	30	0.47	2.2	6	2.4
AO_2—5012	40	0.175	380	50	2 800	55	0.63	2.2	6	2.4
AO_2—5022	60	0.24	380	50	2 800	58	0.66	2.2	6	2.4
AO_2—5014	25	0.22	380	50	1 400	38	0.50	2.2	6	2.4
AO_2—5024	40	0.26	380	50	1 400	44	0.53	2.2	6	2.4
AO_2—5612	90	0.32	380	50	2 800	61	0.69	2.2	6	2.4

续表

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
AO_2—5622	120	0.37	380	50	2 800	66	0.74	2.2	6	2.4
AO_2—5614	60	0.33	380	50	1 400	50	0.56	2.2	6	2.4
AO_2—5624	90	0.39	380	50	1 400	57	0.61	2.2	6	2.4
AO_2—6312	180	0.52	220/380	50	2 800	69	0.76	2.2	6	2.4
AO_2—6322	250	0.69	220/380	50	2 800	71	0.78	2.2	6	2.4
AO_2—6314	120	0.47	220/380	50	1 400	62	0.63	2.2	6	2.4
AO_2—6324	180	0.65	220/380	50	1 400	64	0.66	2.2	6	2.4
AO_2—7112	370	0.97	220/380	50	2 800	72.5	0.80	2.2	6	2.4
AO_2—7122	550	1.38	220/380	50	2 800	74.5	0.81	2.2	6	2.4

续表

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
AO_2—7114	250	0.83	220/380	50	1 400	67	0.68	2.2	6	2.4
AO_2—7124	370	1.16	220/380	50	1 400	69	0.70	2.2	6	2.4
AO_2—8012	750	1.83	220/380	50	2 800	76	0.82	2.2	6	2.4
AO_2—8014	550	1.61	220/380	50	1 400	72	0.72	2.2	6	2.4
AO_2—8024	750	2.08	220/380	50	1 400	74	0.74	2.2	6	2.4

表 4-7　BO_2 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率(W)	电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流(A)	最大转矩/额定转矩
BO_2—6312	90	1.19	220	50	2 800	52	0.66	1.5	12	1.8

续表

型号	功率（W）	电流（A）	电压（V）	频率（Hz）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流（A）	最大转矩/额定转矩
BO_2—6322	120	1.43	220	50	2 800	56	0.68	1.3	14	1.8
BO_2—6314	60	1.28	220	50	1 400	38	0.56	1.6	9	1.8
BO_2—6324	90	1.67	220	50	1 400	43	0.57	1.6	12	1.8
BO_2—7112	180	1.95	220	50	2 800	60	0.70	1.3	17	1.8
BO_2—7122	250	2.50	220	50	2 800	63	0.72	1.1	22	1.8
BO_2—7114	120	1.96	220	50	1 400	48	0.58	1.4	14	1.8
BO_2—7124	180	2.67	220	50	1 400	52	0.59	1.4	17	1.8
BO_2—8012	370	3.50	220	50	2 800	65	0.74	1.1	30	1.8

续表

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流 (A)	最大转矩/额定转矩
BO_2—8014	250	3.21	220	50	1 400	58	0.61	1.2	22	1.8
BO_2—8024	370	4.31	220	50	1 400	62	0.63	1.2	30	1.8

表 4-8　CO_2 系列微型异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流 (A)	最大转矩/额定转矩
CO_2—7112	180	1.95	220	50	2 800	60	0.70	2.8	12	1.8
CO_2—7122	250	2.51	220	50	2 800	63	0.72	2.8	15	1.8
CO_2—7114	120	1.96	220	50	1 400	48	0.58	2.8	9	1.8
CO_2—7124	180	2.67	220	50	1 400	52	0.59	2.8	12	1.8

续表

型号	功率（W）	电流（A）	电压（V）	频率（Hz）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流（A）	最大转矩/额定转矩
CO_2—8012	370	3.50	220	50	2 800	65	0.74	2.5	21	1.8
CO_2—8022	550	4.84	220	50	2 800	68	0.76	2.5	29	1.8
CO_2—8014	250	3.21	220	50	1 400	58	0.61	2.8	15	1.8
CO_2—8024	370	4.31	220	50	1 400	62	0.63	2.5	21	1.8
CO_2—90S2	750	6.09	220	50	2 800	70	0.78	2.5	37	1.8
CO_2—90S4	550	5.1	220	50	1 400	65	0.66	2.5	29	1.8
CO_2—90L4	750	7.27	220	50	1 400	68	0.69	2.5	37	1.8

表 4-9 DO_2 系列微型异步电动机的技术数据

型号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流 (A)	最大转矩/额定转矩
DO_2—4512	10	0.14	220	50	2 800	32	0.80	0.6	0.8	1.8
DO_2—4522	16	0.22	220	50	2 800	36	0.85	0.6	1.0	1.8
DO_2—4514	6	0.13	220	50	1 400	17	0.80	0.6	0.5	1.8
DO_2—4524	10	0.20	220	50	1 400	23	0.80	0.6	0.8	1.8
DO_2—5012	25	0.32	220	50	2 800	42	0.85	0.6	1.5	1.8
DO_2—5022	40	0.45	220	50	2 800	48	0.85	0.5	2.0	1.8
DO_2—5014	16	0.28	220	50	1 400	30	0.80	0.6	1.0	1.8
DO_2—5024	25	0.40	220	50	1 400	35	0.82	0.5	1.5	1.8
DO_2—5612	60	0.57	220	50	2 800	53	0.90	0.5	2.5	1.8
DO_2—5622	90	0.78	220	50	2 300	58	0.90	0.35	3.2	1.8

续表

型号	功率（W）	电流（A）	电压（V）	频率（Hz）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	启动转矩/额定转矩	启动电流（A）	最大转矩/额定转矩
DO_2—5614	40	0.55	220	50	1 400	40	0.82	0.5	2.0	1.8
DO_2—5624	60	0.71	220	50	1 400	45	0.85	0.35	2.5	1.8
DO_2—6312	120	1.98	220	50	2 800	62	0.90	0.35	5.0	1.8
DO_2—6322	180	1.4	220	50	2 800	65	0.90	0.35	7.0	1.8
DO_2—6314	90	0.98	220	50	1 400	49	0.85	0.35	3.2	1.8
DO_2—6324	120	1.17	220	50	1 400	53	0.88	0.35	5.0	1.8
DO_2—7112	250	1.82	220	50	2 800	68	0.92	0.35	10	1.8
DO_2—7114	180	1.63	220	50	1 400	57	0.88	0.35	7.0	1.8
DO_2—7124	250	2.1	220	50	1 400	60	0.90	0.35	10	1.8

表 4-10 AO,BO,CO,DO,AO_2,BO_2,CO_2,DO_2 系列电动机的安装尺寸(mm)

机座号	A	B	M										
			AO		BO		CO		DO		AO_2,BO_2,CO_2,DO_2		
			A_2、A_3	A_{3d}	A_2、A_3	A_{3d}	A_2、A_3	A_{3d}	A_2、A_3	A_{3d}	B_5	B_{14}	B_{34}
45	71	56	45	100					45	100		45	45
50	80	63	55	115					55	115		55	55
56	90	71	65	130	65	130			65	130		65	65
63	100	80	75	145	75	145	75	145	75	145	115	75	75
71	112	90	85	165	85	165	85	165			130	85	85
80	125	100					100	215			165	100	100
90S	140	100									165	115	115
90L	140	125									165	115	115

4.3 专用微型电动机的技术数据

4.3.1 单相串激同步电动机

单相串激同步电动机的技术数据如表 4-11 所示。

4.3.2 三相异步驱动微型电动机

三相异步驱动微型电动机的技术数据如表 4-12 所示。

4.3.3 具有高转矩的驱动微型电动机

具有高转矩的驱动微型电动机的技术数据如表 4-13 所示。

4.3.4 其他专用微型电动机

其他专用微型电动机的技术数据如表 4-14 所示。

表4-11　单相串激同步电动机的技术数据

类别	系列、型号及其说明	用途	备注
异步电动机	JF（交流仪用风扇）	电子仪器装置，作通风、散热之用	220V，50Hz
单相串激电动机	U	作普通传动动力及要求调速的设备之用	220V，50Hz，8，15，25，40，60，90，120，180，250，400W 4 000、8 000r/min
	SU（交、直流两用）	除作普通传动动力及要求调速的设备之用外，亦可作自动控制线路中的伺服电动机（如操纵控制开关）	AC：110、220V，50Hz，80W DC：110、220V，100W 2 500r/min
	UQ（交、直流两用）	可供工作于交、直流电源，需要大的启动转矩而断续短时运行的机械上作传动之用（如操纵控制开关）	AC：220、380V，50Hz DC：220V

续表

类别	系列、型号及其说明	用途	备注
同步电动机	TZ(磁滞式)	转速恒定,可在自动装置、自动记录控制机构、仪表和仪器中作为传动之用	单相220V,50Hz,3 000r/min,3、4、10W。三相40V,500Hz,7 500r/min,16W
	TZM(微小型、多极自启动)	配以钟表齿轮减速机械后可构成微型记时装置	36、115V,400Hz,3 000r/min
	TD(磁滞式带减速箱)	作为恒速机构用于自动化设备的自动记录控制机构之中。在自动记录仪表中,代替机械钟表的记时之用	220V,50Hz,0.07、12mW 1/300、2、60r/min
	TBR(可逆式、磁滞式带减速箱)	作为恒速机构用于自动化设备的自动记录控制机构之中。在自动记录仪表中,代替机械钟表的记录之用	220V,50Hz,12mW,2、60r/min
	TYD-16(永磁)	恒速机构,用于在自动化仪表装置中作驱动元件	220V,50Hz,375r/min
	TX	用于各种要求严格保持恒定转速的机构	127、220V,50Hz,55、75W,3 000r/min

表 4-12 三相异步驱动微型电动机的技术数据

系列、型号及其说明	用途	备注
A1-7134D（三相异步、全封闭、低噪声）	供冷风机配套之用	380V，50Hz，550W，≤50dB
BO62Z、B112Z、ASF－82A，ASF-102A（三相异步、全封闭、具有空心出轴）	供液压推杆配套之用	380V，50Hz，容量按型号依次为60，400，120，250W，转速按型号依次为2 500，2 800，2 800，2 800r/min
A3-7114F（三相异步、可户外用）	供短时定额阀门电动装置配套之用	380V，50Hz，550W，1 400r/min
YDF（三相异步、有较大启动力矩）	供短时定额阀门电动装置配套之用	380V，50Hz，90、120、180、250、370、550W，1 500r/min（同步转速）
JWF（三相异步、双速）	供风机配套之用	380V，50Hz，126/90、250/180、440/250W，1 400/900r/min（120/90W 者尚有 910/670r/min）
JF（三相异步、四速、可逐级调节）	供座标镗床等配套驱动之用	380V，50Hz，450、900、1 450、2 900r/min 时分别为120、180、250、400W，320、710、1420、2 880r/min 时分别为90、120、250、400W

续表

系列、型号及其说明	用　途	备　注
AZ3(三相异步、旁磁制动)	当电动机切断电源后能立即制动,一般做驱动小车之用	380V,50Hz,400W,负载持续率25%,承受制动冲击次数120次/时
DB(由三相异步电动机与单吸式离心泵组成)	供设备循环冷却滑润液之用	380V,50Hz,3 000r/min(同步转速),40W、6或12l/min,120W、25或50l/min,250W、100l/min

表 4-13　具有高转矩的驱动微型电动机的技术数据

系列、型号及其说明	用　途	备　注
D3612F、D3612Z 单相电容运转异步电动机	启动转矩较低,适用于电影放映机、打字机等	单相220V,50Hz,8W
DCG-40 单相电容运转异步电动机	启动转矩高、温升低	单相220V,50Hz,40W
XFD-15A、15B 单相电容运转异步电动机	启动转矩高、带减速齿轮	单相220V,50Hz,15W
KFD 空气调节器风扇电动机	小型轻量、高效低振动,噪声36dB	单相220V,三相380V50Hz,30,50,100,120W

续表

系列、型号及其说明	用　　途	备　　注
KBD 空气调节器压缩机电动机	启动转矩高、过载能力强，可在致冷剂中长期运行	单相220V，三相380V，50Hz，600，800，1 100，1 500W
XSD-1 箱式风扇电动机	用于箱式风扇	单相220V，500Hz，55W
TFD 家用风扇电动机	用于台式风扇、落地风扇	单相220V，50Hz，60W
YSL-1 三相离合器异步电动机	用于工业缝纫机、小型台式机床驱动	三相380V，50Hz，550、370W
XYD 洗衣机电动机	用于洗衣机驱动及高启动力矩，频繁正、反转机械	单相220V，50Hz，60，90，120，180W
YST 系列液压推动电动机	驱动液压推动器及高力矩，频繁启动的机械	三相380V，50Hz，180，250，550，750W
YSZ 低噪声电动机	低噪声、低振动，可用于精密机床的驱动	三相380V，50Hz，90、180W

表4-14　其他专用微型电动机的技术数据

生产厂	系列、型号及其说明	用　　途	备　　注
北京微电机厂	YSF(离合器式三相异步电动机)	用于一般的工业缝纫机	380V，50Hz，270、370W，1 400、2 800r/min
	DO、DT型空调驱动异步电动机	风机排管式低噪声空调装置中，做风机组的驱动电动机	220V，50Hz、30、50W

续表

生产厂	系列、型号及其说明	用途	备注
武汉微电机厂	DOL 单相电容运转离合器异步电动机	用于一般的工业缝纫机	180、250、370W，1 400、2 800r/min
	AOL 三相离合器异步电动机		250、370W、2 800r/min
沈阳微电机厂	XD 系列洗衣机电动机	用于洗衣机	220V，50Hz，90，120，180，250W，1 370r/min
	YSX 系列三相交流异步断续电动机	用于液压系统中的自动控制动力源	380V，50Hz，60，120，370，550W，2 800r/min
	YYJ 系列力矩电动机	用于一般机械、仪器、仪表的驱动装置	220V，50Hz，1400r/min，5.7kg · cm(启动力矩)
	YSJ 系列三相交流异步力矩电动机	用于一般机械、仪器、仪表的驱动装置	380V，50Hz，700、1 300r/min，3，5，7，10，13，15，18，20kg · cm(启动力矩)
四川仪表二厂	TDY-375 永磁式同步电机	在恒速传动装置和自动控制系统中作为驱动元件	220V，50Hz，375r/min

第5章 直流电机

5.1 直流电机的特性和基本结构

5.1.1 不同励磁方式的直流电动机与直流发电机的特性

直流电机具有调速范围宽广，调速特性平滑，过载能力较高，启动、制动转矩较大及发电机调压比较方便等特点。它广泛应用于冶金矿山、交通运输、纺织印染、造纸印刷、化工和机床等设备的拖动上。

直流电机具有可逆性。如果将直流发电机接上直流电源，就可以成为直流电动机；反之，将直流电动机用原动机带动旋转，也可以作为发电机使用。因此，直流电动机和直流发电机的结构相同。

直流电机的特性与其励磁方式有密切联系。按不同的励磁方式，它可分为永磁、并励、串励、复励、稳定并励和他励直流电机六种。不同励磁方式的直流电动机与直流发电机的特性和用途，分别如表5-1、表5-2所示。

表5-1 直流电动机的特性和用途

励磁方式	永磁	他励	并励	稳定并励	复励	串励
启动转矩	启动转矩约为额定转矩的2倍，也可制成为额定转矩的4～5倍	启动电流一般限制在额定电流的2.5倍以内，启动转矩约为额定转矩的2～2.5倍			启动转矩较大，约可达额定转矩的4倍，由复励程度决定	启动转矩很大，约可达额定转矩的5倍

续表

励磁方式	永磁	他励	并励	稳定并励	复励	串励
短时过载转矩	一般为额定转矩的1.5倍，也可制成为额定转矩的3.5～4倍	一般为额定转矩的1.5倍。带补偿绕组时，可达额定转矩的2.5～2.8倍			比并励电动机大，约可达额定转矩的3.5倍	可达额定转矩的4倍左右
转速变化率	3%～15%	5%～20%			由复励程度来决定，可达25%～30%	转速变化率很大，空载转速极高
调速范围	转速与电枢电压是线性关系，有较好的调速特性，调速范围较大	削弱磁场恒功率调速，转速比可达1:2至1:4，特殊设计可达1:8。他励时，可调节电枢电压，恒转矩向下调速，范围较宽广			削弱磁场调速，可达额定转速的2倍	用外接电阻与串励绕组串联或并联；或将串励绕组串联或并联连接来实现调速。调速范围较宽

续表

励磁方式	永　磁	他励	并励	稳定并励	复　励	串　励
用途	自动控制系统中作为执行元件及一般传动动力用，如力矩电动机	用于启动转矩稍大的恒速负载和要求调速的传动系统，如离心泵、风机、金属切削机床、纺织印染、造纸和印制机械等			用于要求启动转矩较大，转速变化不大的负载，如拖动空气压缩机、冶金辅助传动机械等	用于要求很大的启动转矩、转速允许有较大变化的负载，如蓄电池供电车、起货机、起锚机、电车、电力传动机车等

注：① 直流电动机从实际冷却状态下开始转，到工作温度时，由于温度变化引起了磁通变化和电枢电阻压降的变化，因此产生的直流电动机的转速变化一般为15%～20%。而永磁直流电动机的磁通与温度无关，仅电枢电阻压降随温度变化，所以由于温度变化而产生的转速变化为1%～2%。

② 稳定并励直流电动机的主极励磁绕组由并励绕组和稳定绕组组成。稳定绕组实质上是少量匝数的串励绕组。在并励或他励电动机中采用稳定绕组的目的，在于使转速不随负载增加而上升，而是略微降低，亦即使电动机运行稳定。

表5-2　直流发电机的特性和用途

励磁方式	电压变化率	特　　征	用　　途
永磁	1%～10%	输出端电压与转速成线性关系	用做测速发电机

续表

励磁方式		电压变化率	特　征	用　途
他励		5% ~10%	输出端电压随负载电流增加而降低 能调节励磁电流使输出端电压有较大幅度的变化	常用于电动机-发电机-电动机系统中，实现了直流电动机的恒转矩宽广调速
并励		20% ~40%	输出端电压随负载电流增加而降低，降低的幅度较他励时大，其外特性稍软	充电、电镀、电解、冶炼等用直流电源
复励[①]	积复励	不超过6%	输出端电压在负载变动时变化较小。电压变化率由复励程度即串、并励的安匝比决定	直流电源，如用起重轮胎吊和用柴油机带动的独立电源等
	差复励	电压变化率较大	输出端电压随负载电流增加而迅速下降，甚至降为零	如用于自动舵控制系统中作为执行直流电动机的电源

续表

励磁方式	电压变化率	特　征	用　途
串励		有负载时，发电机才能输出端电压，输出电压随负载电流增大而上升	用做升压机

注：① 串励绕组和并励绕组的极性同向的，称积复励；极性反向的，称差复励。通常所称复励直流电机是指积复励。在复励直流发电机中，串励绕组使真空载电压和额定电压相等的，称为平复励；使其空载电压低于额定电压的，称为过复励；使其空载电压高于额定电压的，称为欠复励。根据串励绕组在电机接线中的连接情况，复励直流电机接线有短复励和长复励之分。

直流电机还可以分别按转速、电流、电压、工作定额，以及按防护形式、安装结构形式和通风冷却方式等特征来分类。直流电机的派生和专用系列则是按用途分类的，如表5-3所示。

表5-3　直流电机的派生和专用产品的用途和分类

序号	产品名称	主要用途	型号①	原用型号
1	直流电动机	一般用途，基本系列	Z	Z、ZD、ZJD
2	直流发电机	一般用途，基本系列	ZF	Z、ZF、ZJF
3	广调速直流电动机	用于恒功率调速范围较大的传动机械	ZT	ZT
4	冶金起重直流电动机	冶金辅助传动机械等用	ZZJ	ZZ、ZZK、ZZY

续表

序号	产品名称	主要用途	型号①	原用型号
5	直流牵引电动机	电力传动机车、工矿电机车和蓄电池供电车等用	ZQ	ZQ
6	船用直流电动机	船舶上各种辅助机械用	Z－H	Z_2C、ZH
7	船用直流发电机	做船舶上的电源用	ZF-H	Z_2C、ZH
8	精密机床用直流电动机	磨床、坐标镗床等精密机床用	ZJ	ZJD
9	汽车启动机	汽车、拖拉机、内燃机等用	ST	ST
10	汽车发电机	汽车、拖拉机、内燃机等用	F	F
11	挖掘机用直流电动机	冶金矿山挖掘机用	ZKJ	ZZC
12	龙门刨床用直流电动机	龙门刨床用	ZU	ZBD
13	防爆安全型直流电动机	矿井和有易爆气体的场所用	ZA	Z
14	无槽直流电动机	快速动作伺服系统中用	ZW	ZWC
15	力矩直流电动机	用于在位置或速度伺服系统中做执行元件	ZLJ	
16	直流测功机	做测定原动机效率和输出功率用	CZ	ZC

注:①参见第一机械工业部的标准《电机产品型号》。

5.1.2　直流电机的结构

直流电机主要由定子、转子(又称电枢)、电刷装置、端盖、轴承、通风冷却系统等部件组成,主要构件如表5-4所示;中、小型直流电机的结构,如图5-1所示。

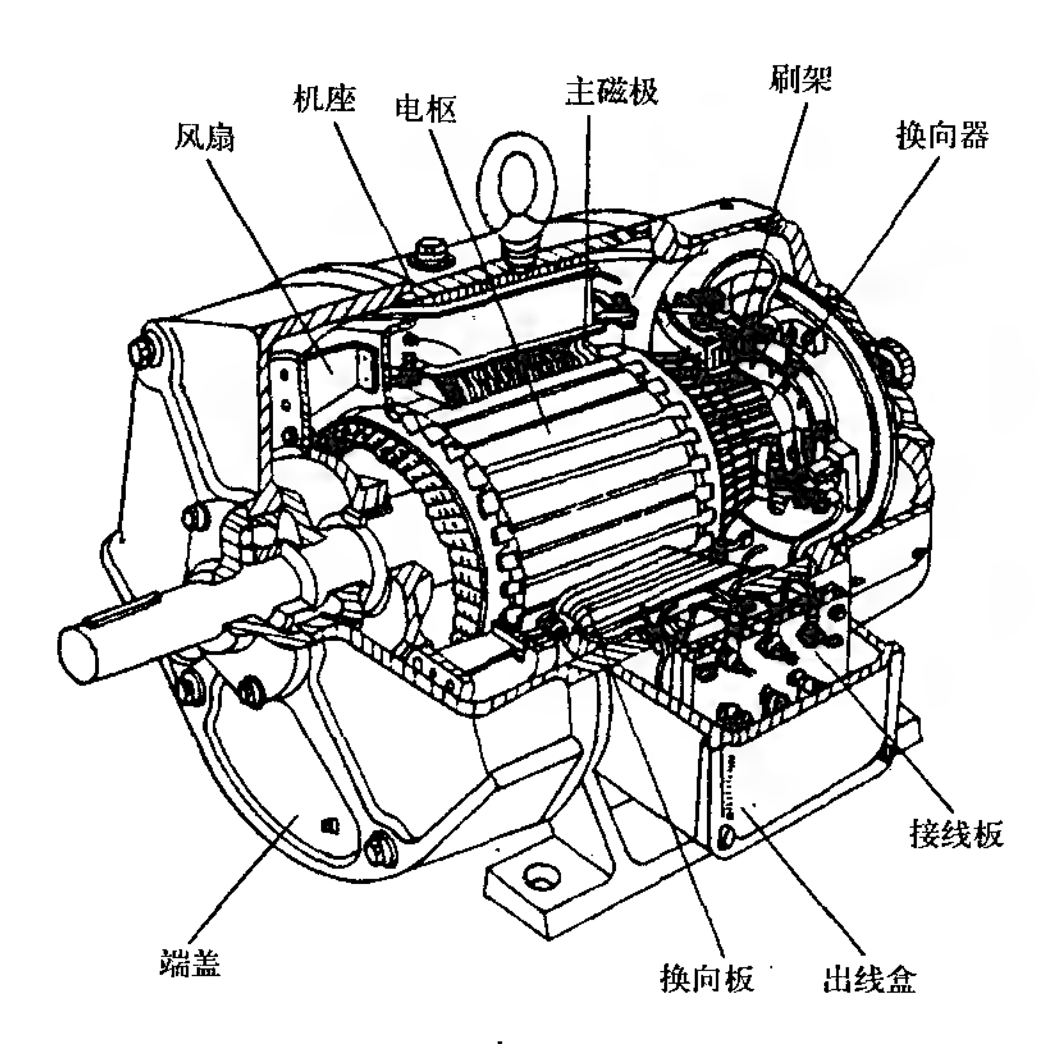
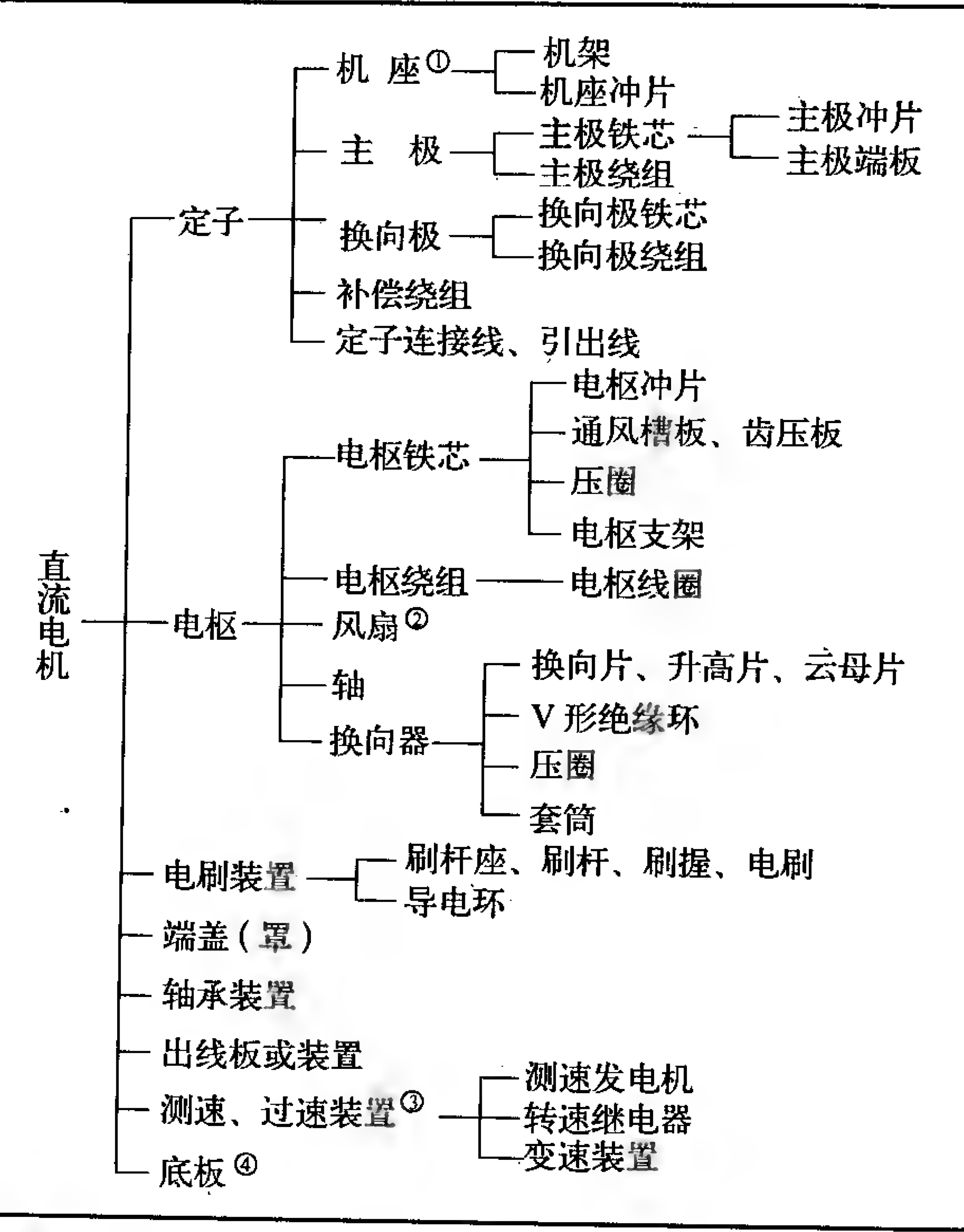


图5-1　中、小型直流电机的结构

各种直流电机的结构是基本相似的,但也随功率大小、转速高低、冷却方式、防护类型、运行特性、安装形式与运输要求等因素而又有所差异。常见的大、中、小型直流电机在结构上的主要差别如表5-5所示。

表 5-4　直流电机的主要构件



注:① 叠片机座时。
② 外通风及大型直流电机一般不带风扇。
③ 按使用要求装设。
④ 大型和部分中型直流电机有底板。

表5-5　大、中、小型直流电机在结构上的主要差别

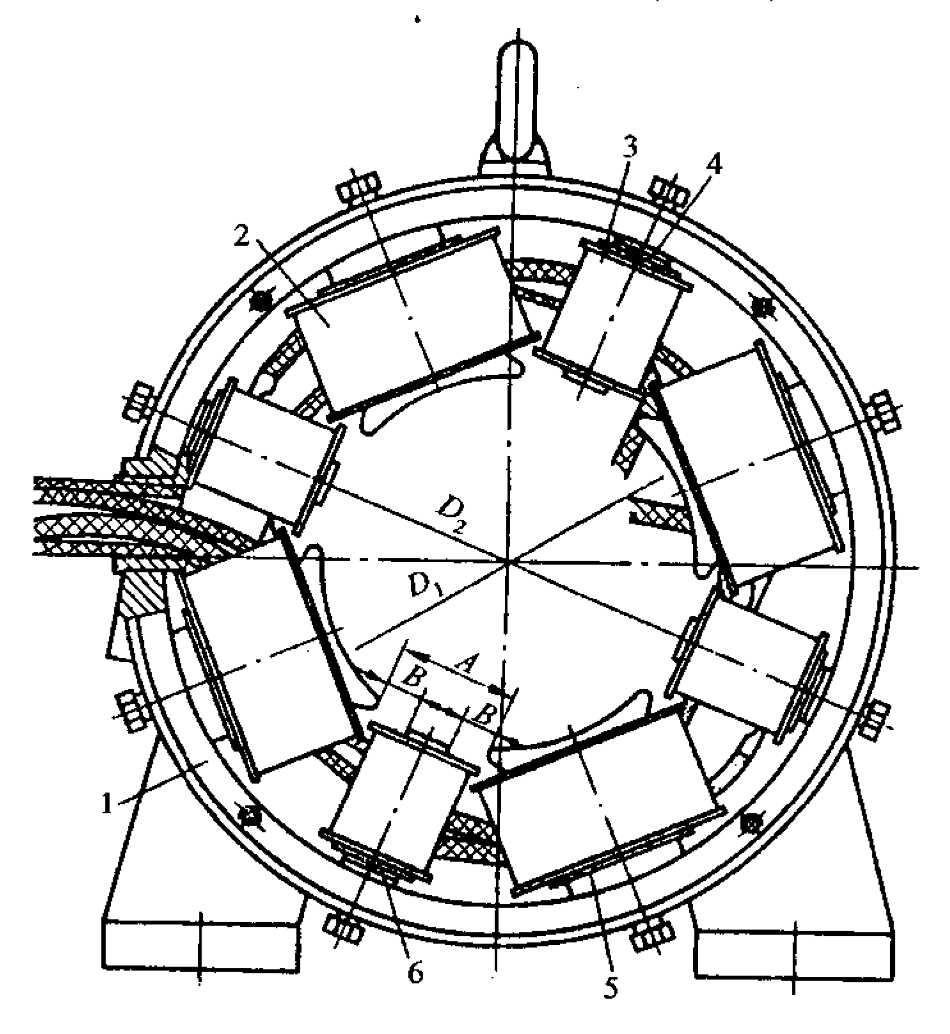
结构名称	中、小型电机	大型电机
通风冷却设备	一般采用自扇冷式通风，中型直流电动机多数采用他扇冷式通风.	普遍用循环冷却方式通风或管道直通冷却方式通风
机座	常用焊接、铸钢或叠片整体机座	铸钢、焊接或叠片分半结构机座
电枢铁芯	由整圆冲片叠装在带键轴上。部分中型电机的冲片叠装在电枢支架上	用扇形冲片拼成圆，冲片与支架间用切向和径向楔键或鸽尾筋固定
轴承	小型常用滚动轴承，中型少数用座式滑动轴承	多数用座式滑动轴承。为提高工作可靠性，某些滑动轴承采用油盘式带油润滑和油泵顶起装置
换向器	常采用塑料换向器和螺母、螺栓、螺杆紧固的拱形换向器(其中塑料换向器一般仅适用于小型电机)，换向器直接套装在轴上	常用长螺杆固定的拱形换向器或分段换向器，换向器固定在电枢支架上
电刷装置	小型电机的刷握为直刷盒，刷架固定在端盖或轴承盖上。中型电机的刷握为直刷盒，刷架固定在端盖上	刷握有直刷盒和斜刷盒两种，多数用斜刷盒。刷杆座圈为分半结构，固定于机座或独立的支架上

续表

结构名称	中、小型电机	大型电机
与原动机或传动机械的连接方式	中、小型电机一般用弹性连接，少数中型电机用刚性连接	刚性连接

1. 直流电机的定子

定子由机座、主磁极、换向极等组成，结构如图 5-2 所示。



1—机座；2—主极绕组；3—换向极绕组；
4—非磁性垫片；5—主极铁芯；6—换向极铁芯

图 5-2 直流电机的定子结构

主磁极(又称主极):它由主极铁芯、主极绕组、极身绝缘等组成。它通过螺杆固定在机座上,如图5-3所示。

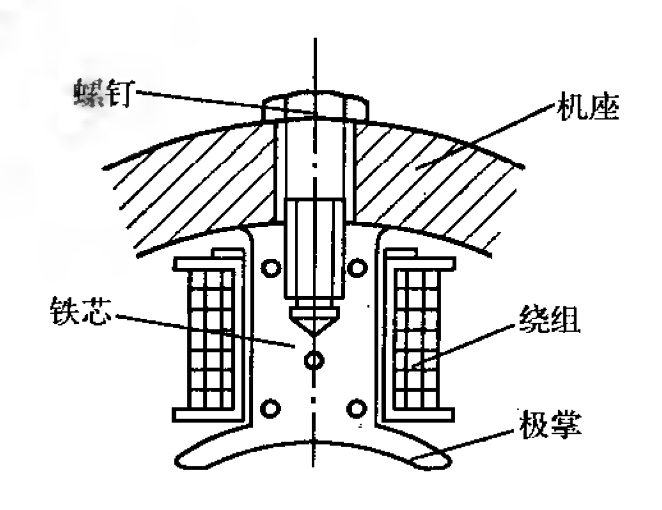


图5-3 直流电机的主磁极结构

换向极(又称附加极):它由换向极铁芯、换向极绕组和极身绝缘所组成。它通过螺杆固定在机座上,其结构大致与主极结构相似。

2. 直流电机的转子(也称电枢)

直流电机的转子由电枢铁芯、电枢绕组、电枢支架(小型的没有)、换向器、转轴和风扇等主要部件组成,如图5-4所示。

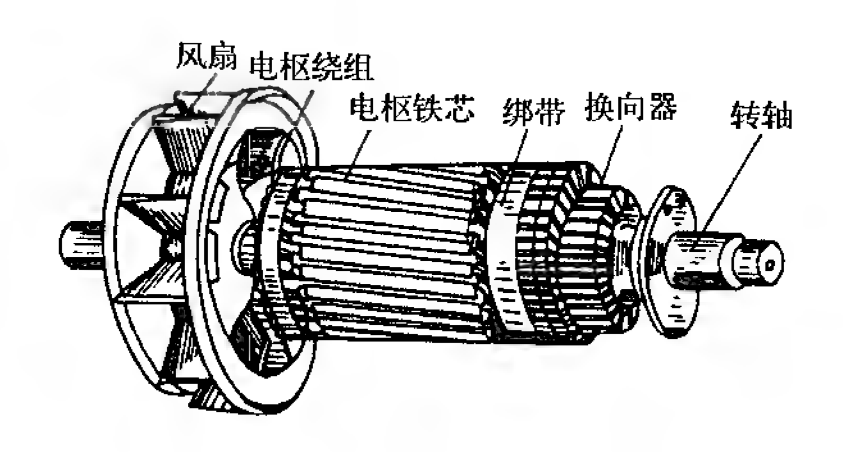


图5-4 直流电机的转子

3. 换向极

如图5-5所示，换向极是位于两个主磁极之间的小磁极，又称为附加极。它用于产生换向磁场，以减小电流换向时产生的火花。它由换向极铁芯和换向极绕组组成。换向极铁芯由整块钢制成，换向极绕组与主磁极绕组一样，也是用铜线或扁铜线绕制而成，并经绝缘处理后固定在了换向极铁芯上。换向极绕组与电枢绕组串联，并安装在两个相邻主磁极相间的中性线上。

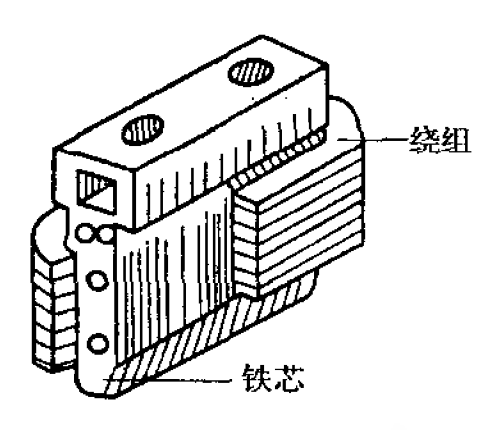


图5-5　换向极结构

4. 电刷装置的结构

电刷装置由电刷、刷握、刷杆、刷杆座等组成，电刷用石墨粉压制而成，如图5-6所示。通过电刷与换向器表面的滑动接触，可以把电枢中的电动势(电流)或外电路电压(电流)引入电枢。

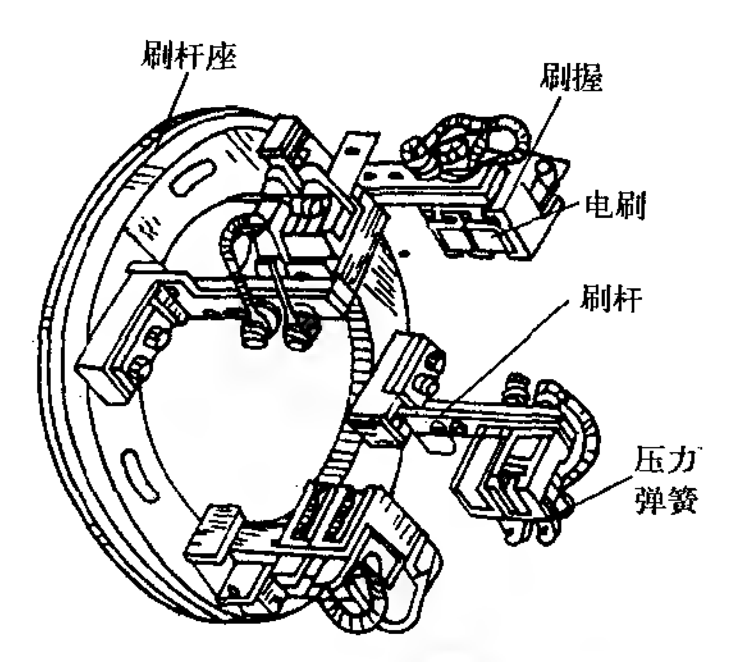


图5-6　电刷装置的结构

5. 换向器

换向器用于发电机中时，可将电枢绕组中产生的交流电动势和电流转换成电刷间的直流电流和电压输出；换向器用于电动机中时，可将外加在电刷间的直流电流和电压转换成电枢绕组中的交流电压和电流。换向器的主要组成部分是换向片和云母片，结构如图5-7所示。

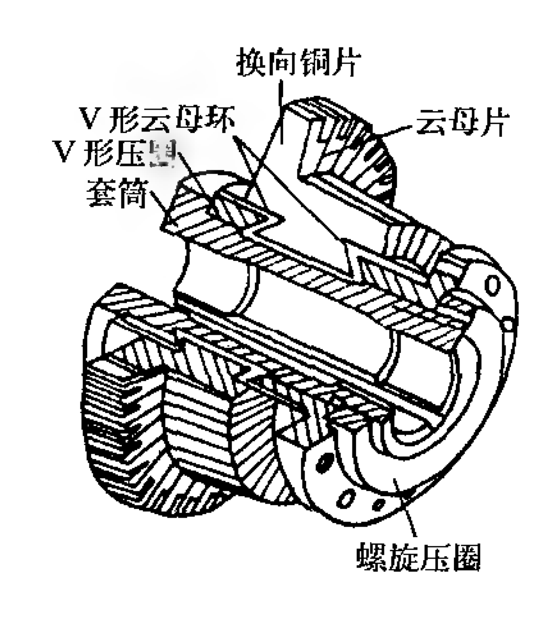


图5-7 换向器的结构

5.1.3 直流电机铭牌数据的含义

1. 额定输出

额定输出是指电机在长期运行时所允许的输出功率。发电机的额定输出指接线端子处输出的功率；电动机的额定输出指轴上输出的有效机械功率。

2. 额定电压

额定电压是指电机在额定工作状况下运行时的端电压。有的电动机的电压项中有3个数值，如175V/220V/320V（这类电动机称为幅压电动机），它表示电动机的正常工作电压为220V，但电动机也可以在175V或320V情况下工作。有的发电机的电压项中有2个数值，如36V/48V，这类发电机称为调压发电机，即该种电机可在36～48V范围内使用。

3. 额定电流

额定电流是指直流电机在额定工作状态下运行时的线端电

流。直流电动机的额定电流指输入电流;直流发电机的额定电流指输出电流。

4. 额定转速

额定转速是指直流电机在额定状态下运行时的转速。直流电机的转速等级如表5-6所示。

表5-6　直流电机的转速等级(单位:r/min)

直流电动机							
3000	1500	1000	750	600	500	400	320
250	200	160	125	100	80	63	50
40	32	25					
直流发电机							
3000	1500	1000	750	600	500	427	
375	333	300					

5. 励磁方式

直流电机的励磁方式可分为他励、并励、串励和复励等。

6. 励磁电压

励磁电压指直流电机在额定工作状态下运行时,主极绕组两端的励磁电压。只有他励直流电机需在铭牌上标明。

7. 励磁电流

励磁电流是指在保证额定励磁电压值时,主极绕组中的电流。只有他励直流电机需在铭牌上标明。

直流电机铭牌中的其他项目与三相异步电动机相同。

5.2 直流电机绕组的分类与绝缘结构

5.2.1 直流电机绕组的分类

直流电机绕组分为电枢绕组、主极绕组、换向极绕组、补偿绕组和均压线。

1. 电枢绕组

电枢绕组在直流电机中的作用是感应出电动势或产生电磁转矩。

(1) 电枢绕组的结构

电枢绕组嵌放在电枢铁芯槽内。在小型电机中常用圆绕组线绕成多匝散嵌绕组(如图5-8所示),并嵌入梨形槽。

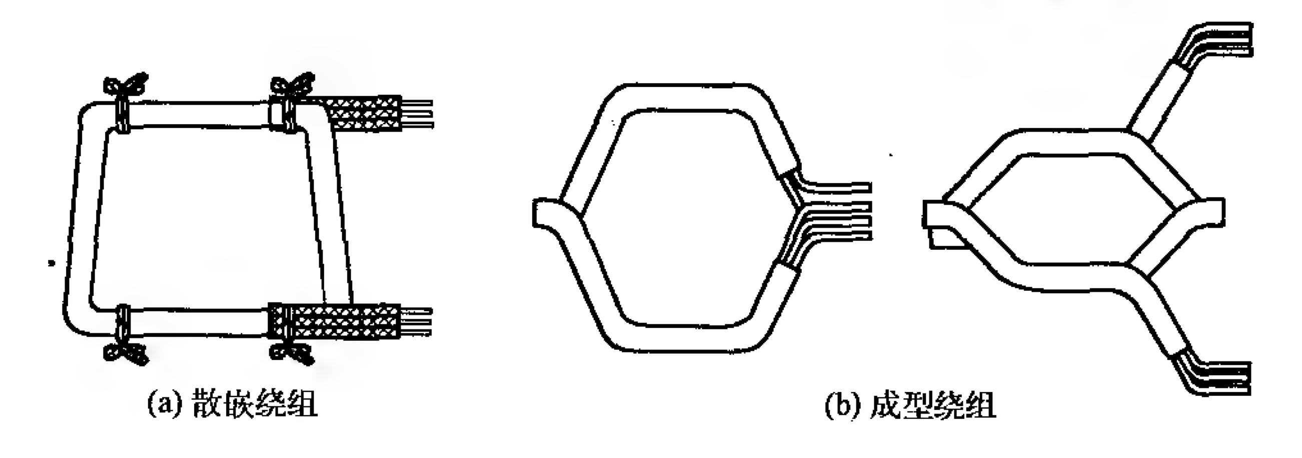

(a) 散嵌绕组　(b) 成型绕组

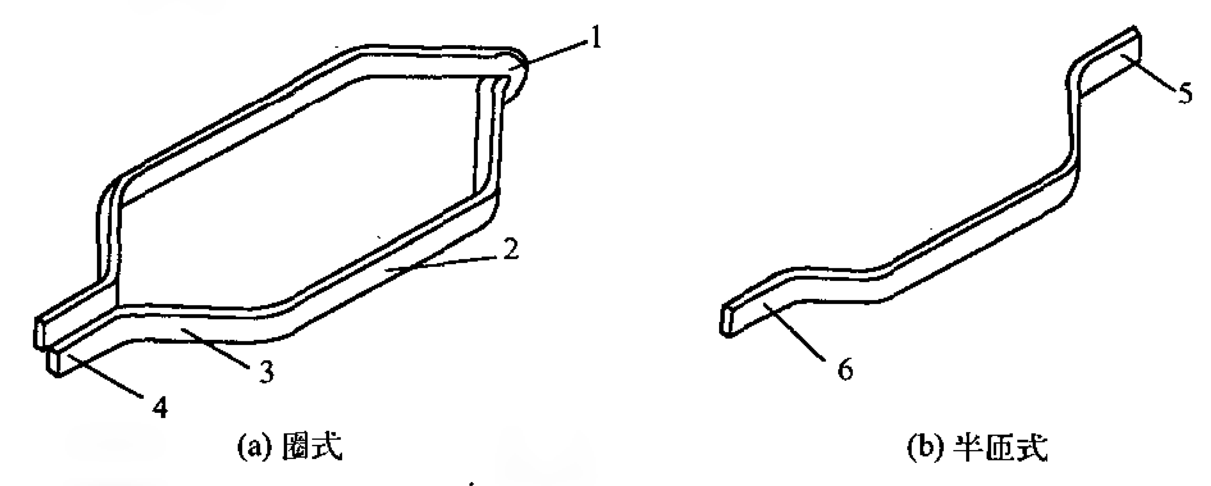
图5-8 电枢绕组的结构

在大型电机中,用扁绕组或裸铜扁线弯制成单匝或多匝成型绕组,经对地绝缘后将其嵌放在矩形槽内。它的一条直线边嵌放在槽的下半部,叫做下层边;另一条直线边嵌放在槽的上半部,叫做上层边。

(2) 电枢绕组的分类

按绕组与换向片之间的连接规律,电枢绕组可分为叠绕组、波绕组和蛙绕组。

① 叠绕组是指每串联一个元件后，绕组在电枢表面前进或后退一个槽距。它可以做成圈式或半匝式，在嵌线时用并头套将两半匝连接起来。其外形结构如图 5-9 所示。

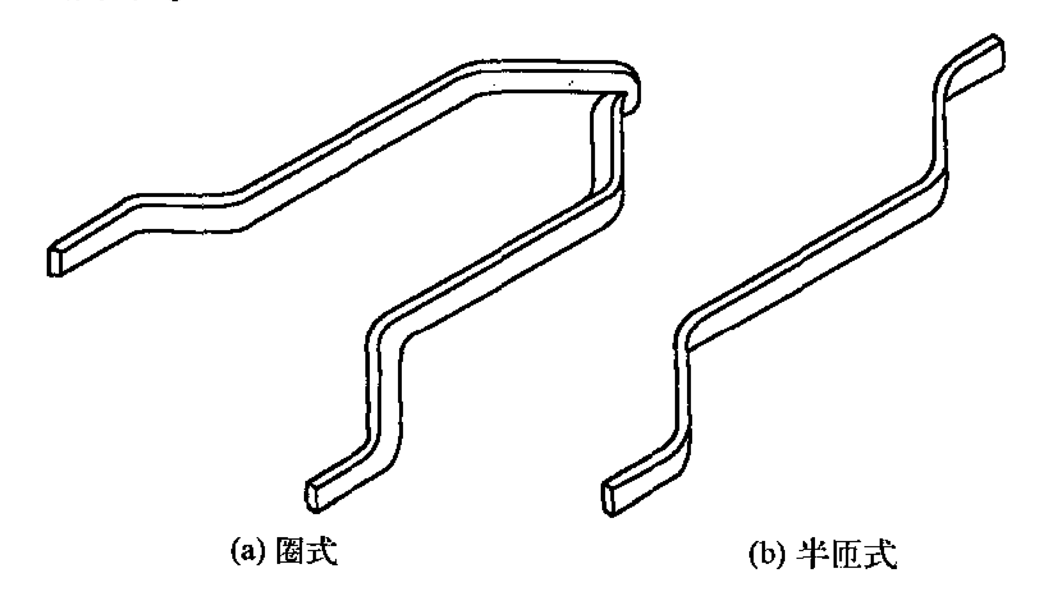


(a) 圈式　　(b) 半匝式

1—鼻部；2—直线；3—端部斜边；4—引线；5—引线端；6—并头套端

图 5-9　叠绕组的外形结构

② 波绕组是指每串联一个元件后，绕组在电枢表面前进或后退两个磁极极距。它可以做成圈式或半匝式绕组，其外形结构如图 5-10 所示。



(a) 圈式　　(b) 半匝式

图 5-10　波绕组的外形结构

③ 蛙绕组是由叠绕组和波绕组组合成的混合绕组。它可以做成单鼻绕组或双鼻绕组，其外形结构如图 5-11 所示。

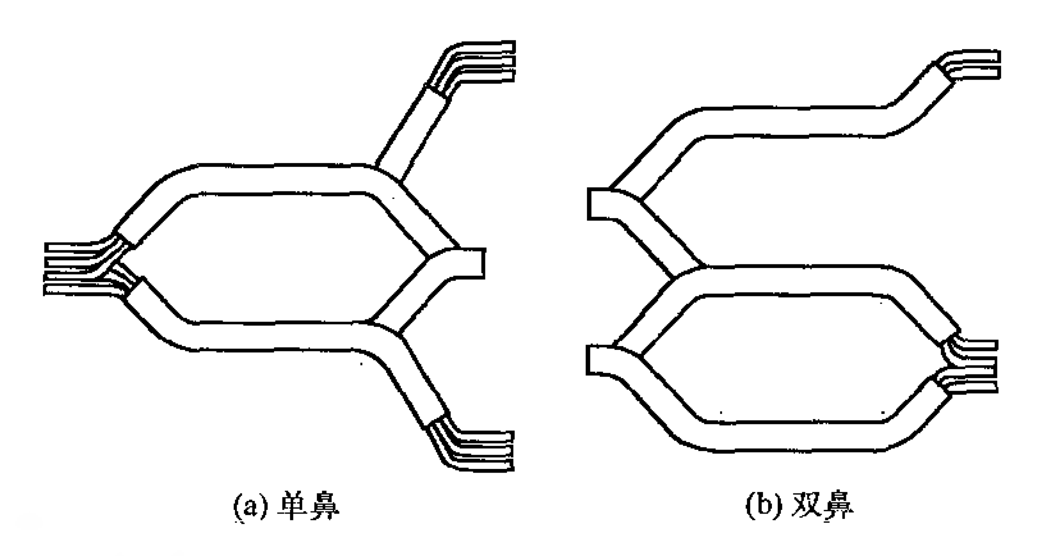

(a) 单鼻 (b) 双鼻

图5-11 蛙绕组的外形结构

单鼻绕组由整匝叠绕组和半匝式波绕组组成，嵌线时用并头套将波绕组连成整匝绕组，上下相邻波绕组、叠绕组接在同一换向片上，处于等电位。上下相邻波绕组、叠绕组组合成一体后再包对地绝缘。

双鼻绕组包括一个整匝叠绕组和一个整匝波绕组，上下相邻波绕组、叠绕组接在两个换向片上。

2. 主极绕组

主极绕组安装在直流电机的主极铁芯上，它的作用是通以直流电后使主极铁芯成为一个固定极性的磁极。它按励磁方式的不同分为他励绕组、并励绕组、串励绕组和复励绕组。并励绕组是指主极绕组与电枢绕组并联；串励绕组是指主极绕组与电枢绕组串联；复励绕组是指两者串并联。

在小型直流电机中，并、他励绕组一般用漆包线绕制。在大、中型直流电机中，串励绕组及铜线截面小，匝数少的并、他励绕组，通常用矩形裸铜线绕制，匝间绝缘采用玻璃坯布，每匝间垫3~4层，经热压与铜线黏结成整体。

3. 换向极绕组

换向极绕组装在两个主极中间的换向极铁芯上，用以改善直流电机的换向性能。小型直流电机的换向极绕组一般用绕组线绕制，其结构与绕组线绕制的主极绕组相似，大、中型和部分小型电机的换向极绕组常用裸铜扁线或铜母线绕制，结构有以下几种类型，而其外形结构如图 5-12 所示。

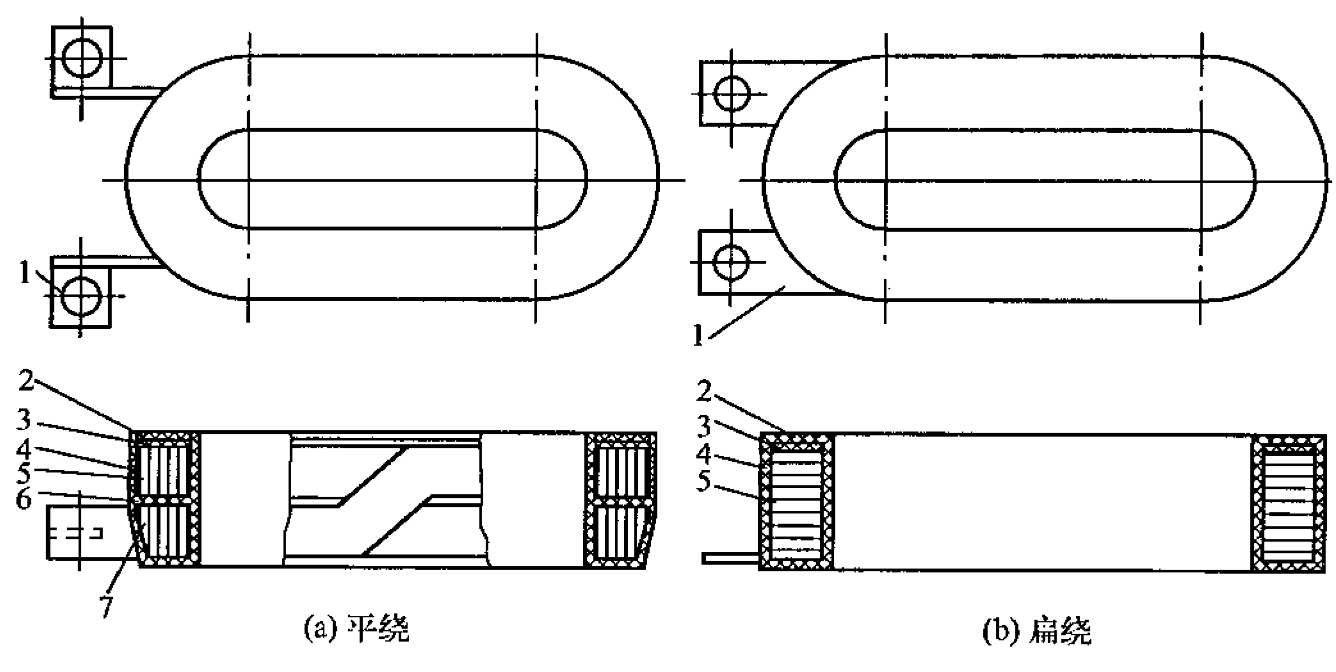


图 5-12 换向极绕组的外形结构

（1）热压固化型的绕组是用裸铜扁线扁绕后，在匝间垫 2 ~ 4 层玻璃坯布，热压成形。

（2）绳绑结构型的绕组是用铜扁线扁绕后，在匝间分段垫入厚度为 4mm 左右的环氧玻璃布板垫块，用 ϕ1mm 的玻璃丝绳绑扎固定。

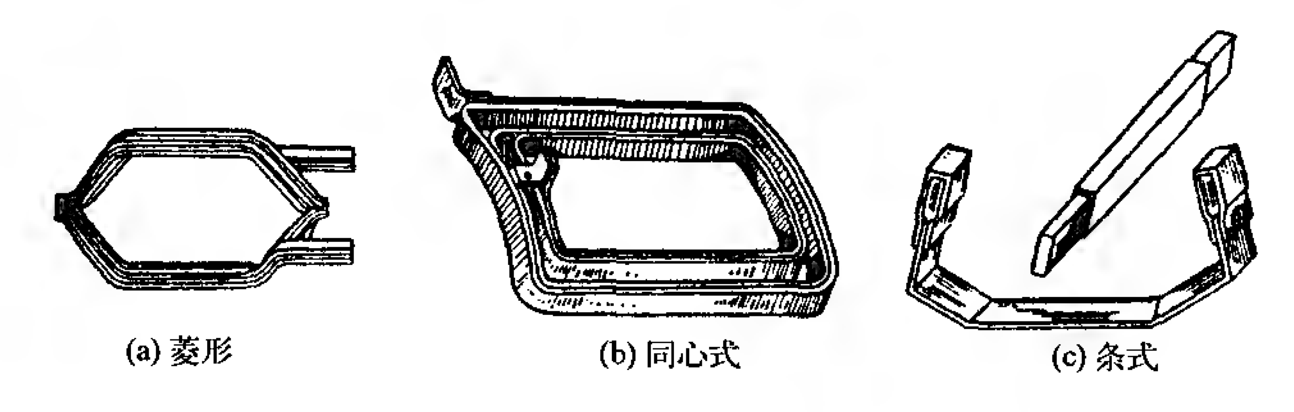
（3）螺杆悬挂型绕组是用铜扁线扁绕成形后，在绕组直线部分钻若干孔，将各匝钻通，然后嵌装时在各线匝间垫入环氧玻璃布板垫块，借穿过绕组截面并用套管绝缘的螺杆将绕组压紧，最后固定在极身上。

（4）线夹结构型绕组是用铜母线平绕的，其中一匝的匝距较大。绕组套入铁芯后，用非磁性夹和横穿铁芯的绝缘螺杆将其固定在极身上。

（5）焊接结构型绕组的直线用的是铜母线，其端部用铜板加工至所需外形，然后再用银焊料将直线及端部焊接成形，其宽度方向为下大上小，呈梯形。

4. 补偿绕组

补偿绕组安装在主极极靴的补偿槽内，其作用是改善直流电机的换向性能。其基本结构有以下几种，外形结构如图5-13所示。



(a) 菱形　(b) 同心式　(c) 条式

图5-13　补偿绕组的外形结构

（1）菱形补偿绕组一般用圆铜绕组线绕制，用于梨形补偿槽的小型直流电机。

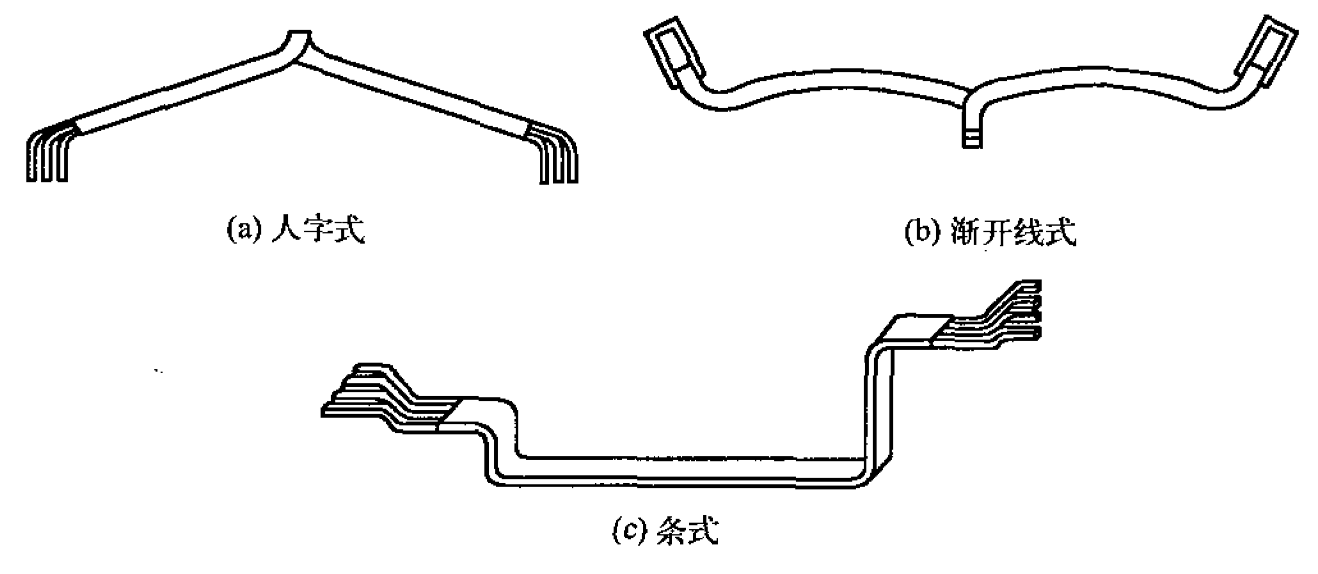
（2）同心式补偿绕组用扁铜绕组线绕制，用于开口补偿槽的中型直流电机。

（3）条式补偿绕组分直线和端线部分，由铜扁线制成，广泛用于半闭口或闭口补偿槽直流电机。嵌线时将外包绝缘的直线部分穿入主极极靴处的补偿槽内，然后再与端线连接成一绕组。

5. 均压线

均压线按其所起的作用,分为甲种均压线和乙种均压线。用以改善直流电机磁场不对称的称为甲种均压线,用于保证各并联支路电阻相等的称为乙种均压线。有的均压线安装在直流电机换向器端;有的安装在非换向器端;也有的穿过电枢铁芯内部,两端与电枢绕组连接。

均压线的结构形式有以下几种,其外形结构如图 5-14 所示。



(a) 人字式　(b) 渐开线式　(c) 条式

图 5-14　均压线的外形结构

(1) 人字式均压线与圈式电枢绕组的鼻端部分相似,可以由单根或数根组合在一起。其绝缘形式不一,有的用裸铜扁线包以绝缘带,有的用绕组线数根组合在一起,弯制成形后,外面包绕云母带或聚酰亚胺薄膜。

(2) 渐开线式均压线一般用扁铜线弯制成形,其一端接有并头套,与电枢绕组连接;另一端与换向器连接,外包绝缘带。

(3) 条式均压线是用多根绕组线组合在一起弯制成形的,其外面包绕绝缘。直线穿过电枢铁芯内部,其两端与电枢绕组连接。

(4) 环式均压线用绕组线下料,按规律组合成环形,用黏结

漆或胶黏结成整体。

6. 直流电机绕组的术语

(1) 电枢绕组的连接形式

电枢绕组按与换向器换向片的连接形式,分为叠绕组和波绕组。

① 叠绕组就是将第一个线圈的首端接在1号换向片上,其尾端与相邻第二个线圈的首端同接于2号换向片上,依此类推,使最后一个线圈尾端回到1号换向片而形成闭合回路。

② 波绕组就是指每个线圈元件的首尾两端不是接在相邻换向片上,而接在相距约两倍于极距的换向片上,并且相邻两个线圈的元件边不重叠,串联成波浪形绕组。

(2) 电枢绕组的节距

电枢绕组的节距如图5-15所示。

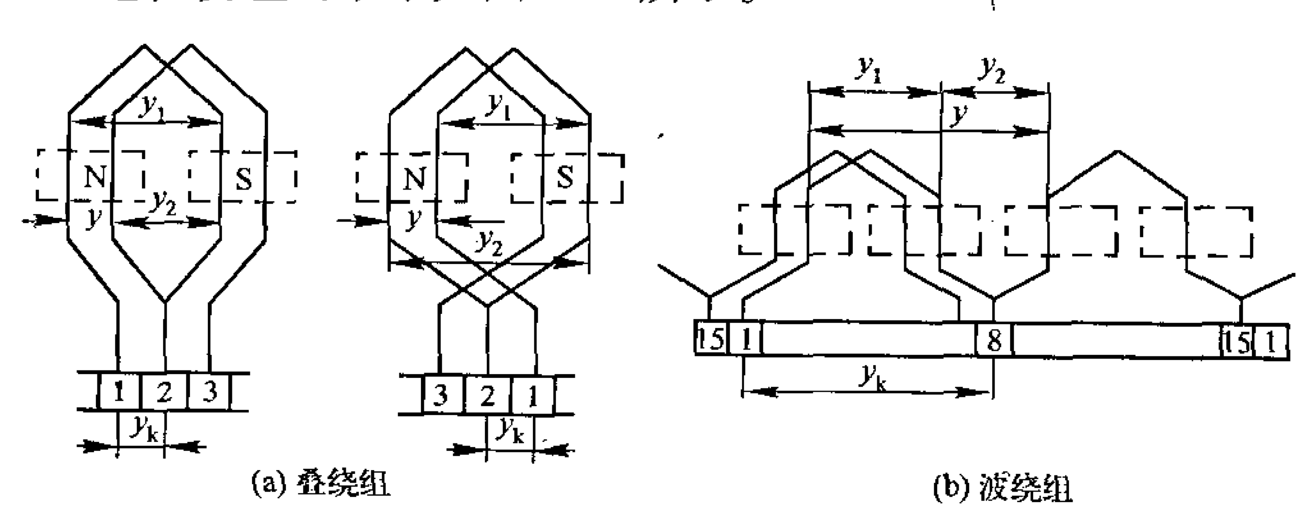


图5-15 电枢绕组的节距

① 槽节距 y_s 就是指一个元件的两条直线边在电枢圆周上的跨距,用槽数来表示。

② 换向片节距 y_k 就是指一个元件的两个出线端(引线)在换向器上的跨距,用换向片数表示。

③ 第一节距 y_1 就是指一个元件的两条直线边在圆周上的跨距，用换向片数表示。

④ 第二节距 y_2 就是指第一个元件的下层边与相串联第二个元件的上层边在电枢圆周上的跨距，用换向片数表示。

⑤ 合成节距 y 就是指两个相串联元件的对应边在电枢圆周上的跨距，用换向片数表示。

5.2.2 直流电机绕组的绝缘结构和规范

1. 直流电机电枢绕组、槽部绝缘结构

直流电机的电枢绕组、槽部绝缘，包括匝间绝缘、层间绝缘、对地绝缘、槽绝缘和槽楔或绑扎带等，其结构与直流电机的绝缘等级、绕组结构及其绕制和嵌线工艺有密切关系。常用的结构如图 5-16 所示，其绝缘规范如表 5-7 所示。

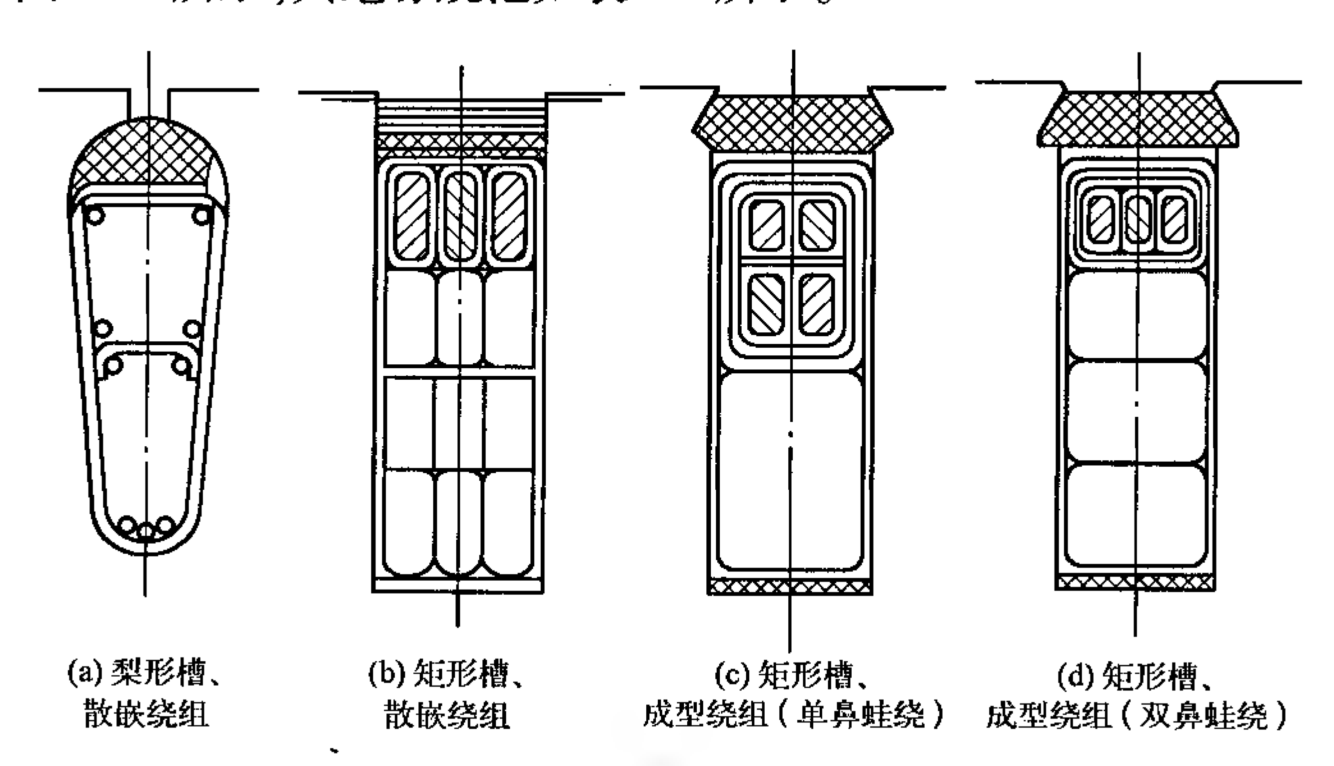


图 5-16　电枢绕组、槽部绝缘结构的示意图

表5-7　直流电机典型电枢绕组的绝缘规范

绝缘适用范围		500V梨形槽散嵌线圈	500V梨形槽散嵌线圈
绝缘等级		B	F
槽内部分	槽楔	环氧酚醛玻璃布板3240	环氧酚醛玻璃布板3240
	槽绝缘	0.35mmDMD一层	0.35mmNMN一层
	匝间绝缘	聚酯漆包圆铜线	聚酯亚胺漆包圆铜线
	层间绝缘	0.35mmDMD一层	0.35mmNMN一层
端部	匝间绝缘	聚酯漆包圆铜线	聚酯亚胺漆包圆铜线
槽部	槽绝缘	0.12mm和0.25mmDMD各一层	0.4mmNMN一层
	匝间绝缘	聚酯漆包扁铜线	聚酰亚胺漆包扁铜线
	层间绝缘	同槽绝缘	同槽绝缘
	槽底垫条	0.2mm环氧酚醛玻璃布板3240一层	0.2mm二苯醚层压板一层
	绑扎带	环氧无纬玻璃丝带	聚酰亚胺无纬玻璃丝带
	槽顶垫条	0.5mm环氧酚醛玻璃布板3240一层	0.5mm二苯醚层压板一层
端部	匝间绝缘	聚酯漆包扁铜线	聚酯亚胺漆包扁铜线
绝缘适用范围		500V两层式蛙绕组	1000V两层式蛙绕组
绝缘等级		B	F

续表

绝缘适用范围		500V 两层式蛙绕组	1000V 两层式蛙绕组
槽部	槽楔	环氧酚醛玻璃布板 3240	环氧酚醛玻璃布板 3240
	槽绝缘	0.2mm 聚酯薄膜玻璃漆布复合箔 6530 一层	0.17mm NMN 一层
	匝间绝缘	双玻璃丝包扁铜线	单玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线
	层间绝缘	0.2mm 醇酸柔软云母板 5131 一层	0.2mm 有机硅柔软云母板 5151 一层
	保护布带	0.1mm 无碱玻璃丝带平绕一层	0.1mm 无碱玻璃丝带平绕一层
	对地绝缘	0.14mmB 级胶粉云母带 5438 半叠绕两层	0.05mm 聚酯亚胺薄膜带半叠绕三层
	槽顶垫条	0.2mm 环氧酚醛玻璃布板 3240 一层	0.2mm 环氧酚醛玻璃布板 3240 一层
端部	保护布带	0.1mm 无碱玻璃丝带半叠绕一层	0.1mm 无碱玻璃丝带半叠绕一层
		0.14mmB 级胶粉云母带半叠绕一层	0.05mm 聚酯亚胺薄膜带半叠绕两层
	匝间绝缘	双玻璃丝包扁铜线	单玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线
绝缘适用范围		1000V 四层蛙式绕组	1000V 四层蛙式绕组
绝缘等级		B	F

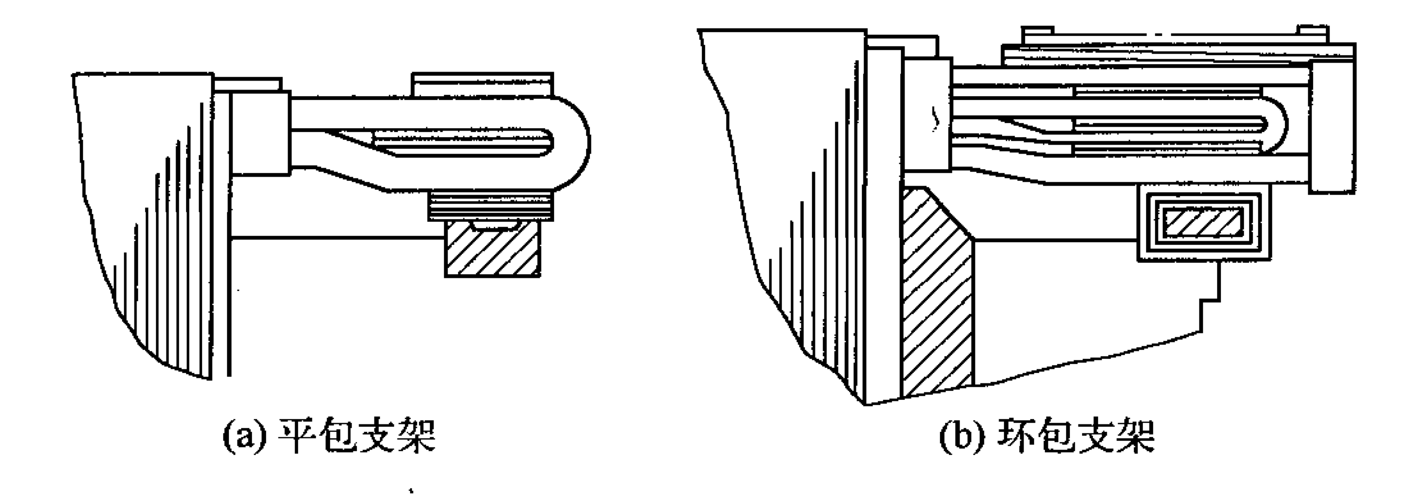
续表

绝缘适用范围		1000V 四层蛙式绕组	1000V 四层蛙式绕组
槽部	槽楔	环氧酚醛层压玻璃布板3240	环氧酚醛层压玻璃布板3240
	匝间绝缘	0.1mm 醇酸玻璃云母带半叠绕一层	0.05mm 聚酰亚胺薄膜带半绕叠一层
	槽绝缘	0.2mm 聚酯薄膜玻璃漆布复合箔6530 一层	0.17mm NMN 一层
	保护布带	0.1mm 无碱玻璃丝带	0.01mm 无碱玻璃丝带
	对地绝缘	0.14mm 醇酸玻璃云母带5434 半叠绕三层	0.05mm 聚酰亚胺薄膜带半叠绕一层
	槽顶垫条	0.2mm 环氧酚醛玻璃布板3240 一层	0.2mm 环氧酚醛玻璃布板3240 一层
端部	保护布带	0.1mm 无碱玻璃丝带半叠绕一层	0.1mm 无碱玻璃丝带半叠绕一层
	对地绝缘	0.14mm 醇酸玻璃云母带5432 半叠绕一层	0.05mm 聚酰亚胺薄膜带半叠绕两层
	匝间绝缘	0.1mm 醇酸玻璃云母带5432 半叠绕一层	0.05mm 聚酰亚胺薄膜带半叠绕一层

2. 电枢绕组端部的绝缘结构

电枢绕组端部的层间绝缘承受的是直流电机额定电压，故应将绕组端部上、下层可靠地隔开。电枢直径为200mm及以下的小型直流电机电枢铁芯端部不用支架，电枢直径在200mm以上的电枢绕组端部绑扎在端部支架上，支架应平包或环包绝缘，如图5-17所示。

电枢绕组端部常用无纬带或钢丝绑扎禁固。电枢绕组端部的绝缘规范如表5-8所示。



(a) 平包支架　　(b) 环包支架

图 5-17　电枢绕组端部绝缘结构的示例

表 5-8　直流电机电枢绕组端部的绝缘规范

绝缘与电压等级	500V E 级绝缘	500V H 级绝缘
端部固定方式	无纬带	无纬带
绑扎无纬带或扎钢丝绝缘	环氧无纬玻璃丝带	聚酯酰亚胺无纬玻璃丝带
层间绝缘	0.25mmDMD 垫放两层	0.20mmNHN 垫放三层
支架绝缘形式	平包	平包
支架绝缘(由内至外)	(1)0.1mm 无碱玻璃丝布垫放一层,以聚酯纤维绳扎紧 (2)0.5mm 环氧酚醛玻璃布板一层 (3)0.25mmDMD 两层 (4)0.5mm 环氧酚醛玻璃布板垫至所需高度 (5)0.1mm 无碱玻璃丝带扎紧	(1)0.1mm 无碱玻璃丝布垫放一层,以聚酯纤维绳扎紧 (2)0.5mm 有机硅玻璃布板一层 (3)0.2mmNHN 三层 (4)0.5mm 有机硅玻璃布板垫至所需高度 (5)0.1mm 无碱玻璃丝带扎紧

续表

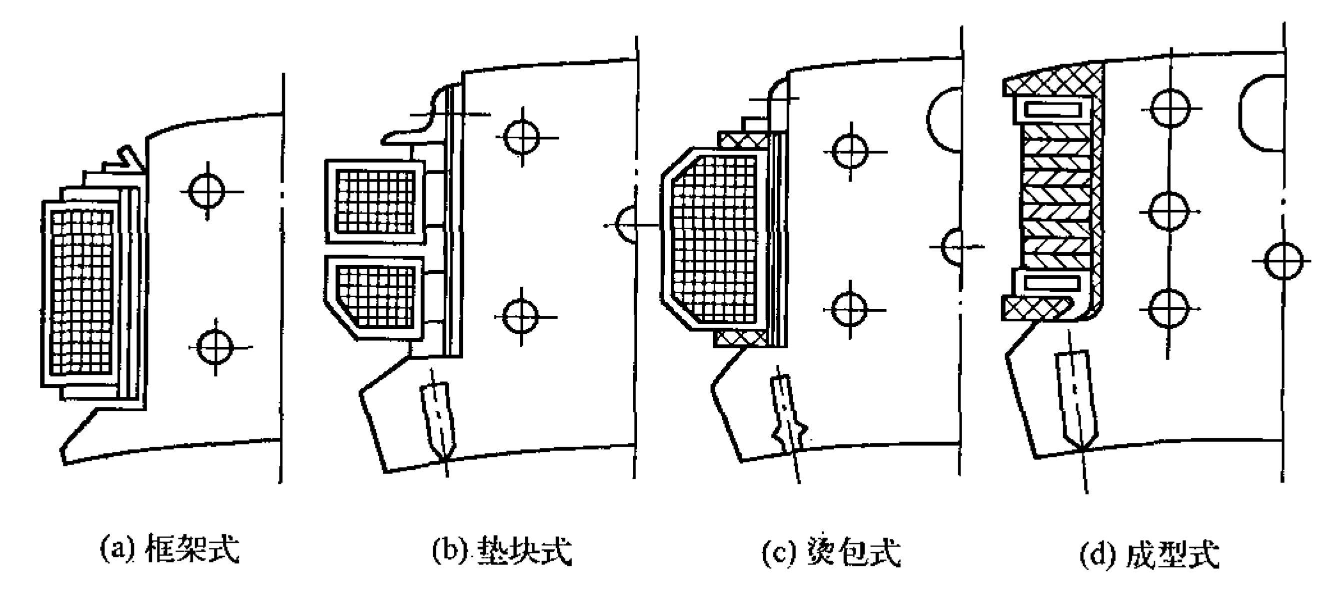
绝缘与电压等级	660V B级绝缘	1000V F级绝缘
端部固定方式	无纬带	扎钢丝
绑扎无纬带或绑扎钢丝绝缘	环氧无纬玻璃丝带	石棉纸每10匝垫放一层 1.0mm二苯醚层压板一层 0.2mm有机硅衬垫云母板两层 0.5mm二苯醚层压板一层
层间绝缘	0.1mm聚酯薄膜玻璃漆布复合箔两层	0.17mmNMN两层夹垫,0.2mm有机硅柔软云母板三层
端部固定方式	无纬带	扎冷钢丝
支架绝缘形式	环包	环包
支架绝缘(由内至外)	(1)0.1mm无碱玻璃丝带半叠绕一层 (2)0.17mm聚酯薄膜半叠绕一层 (3)0.2mm环氧酚醛玻璃布板一层 (4)0.14mm醇酸云母带半叠绕两层 (5)0.5mm环氧酚醛玻璃布板垫至所需高度 (6)0.1mm无碱玻璃丝带半叠绕一层	(1)0.1mm无碱玻璃丝带半叠绕一层 (2)0.17mm聚酰亚胺薄膜带半叠绕一层 (3)0.2mm环氧酚醛玻璃布板一层 (4)0.2mm有机硅云母带半叠绕三层 (5)0.5mm环氧酚醛玻璃布板垫至所需高度 (6)0.1mm无碱玻璃丝带半叠绕一层

3. 直流电机定子的绝缘结构

直流电机定子的绝缘结构主要包括主极、换向极和补偿绕组的线圈匝间绝缘、线圈与铁芯间的对地绝缘，以及线圈间和对地的爬电距离。

(1) 主极绝缘结构

中、小型直流电机的励磁绕组，一般是将对地绝缘包在框架上，然后套放或直接绕制线圈。大、中型直流电机大多是将极身绝缘烫包在主极铁芯四周，然后将线圈套在或直接绕制在主极上。主极的绝缘结构如图 5-18 所示，主极的绝缘规范如表 5-9 所示。



(a) 框架式　(b) 垫块式　(c) 烫包式　(d) 成型式

图 5-18　主极的绝缘结构

表 5-9　主极的绝缘规范

极身绝缘形式	框架式	框架式	垫块式
绝缘等级	B	H	B
励磁电压(V)	500	500	500
匝间绝缘	电磁线	电磁线	电磁线

续表

极身绝缘形式	框架式	框架式	垫块式
线圈保护绝缘			0.14mm醇酸云母带及0.1mm玻璃丝带各半叠包一层
极身绝缘	0.25mmDMD围包$2\frac{1}{4}$层	0.22mmNHN围包$2\frac{1}{4}$层	0.5mm绝缘纸板围包$1\frac{1}{4}$层 0.2mm玻璃丝布围包$1\frac{1}{4}$层
线圈两端绝缘	环氧酚醛玻璃布板	有机硅层压布板	压制绝缘垫块
极身绝缘形式	熨包式	熨包式	成型式
绝缘等级	B	F	F
励磁电压(V)	500	1000	1000
匝间绝缘	电磁线	电磁线	电磁线
线圈保护绝缘	0.1mm玻璃丝带平绕或疏绕一层		
极身绝缘	0.16mm环氧坯布围包$1\frac{1}{4}$层 0.2mm环氧粉云母箔围包$2\frac{1}{4}$层 0.16mm环氧坯布围包$1\frac{1}{4}$层	0.2mm环氧酚醛坯布围包$1\frac{1}{4}$层 0.2mm醇酸云母箔围包$1\frac{1}{4}$层 0.2mm环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层	2mm环氧酚醛玻璃布板压制成形

续表

极身绝缘形式	框架式	框架式	垫块式
线圈两端绝缘	环氧酚醛玻璃布板	环氧酚醛玻璃布板	环氧酚醛玻璃布板

(2) 补偿绕组的绝缘结构

同心式补偿绕组的绝缘规范如表5-10所示,条形补偿绕组绝缘规范如表5-11所示。

表5-10 同心式补偿绕组的绝缘规范

电压等级(V)	500	500	660	660
绝缘等级	B	H	B	F
匝间绝缘	聚酯漆包扁铜线QZB	有机硅双玻璃丝包线SBEGB	聚酯漆包扁铜线QZB	聚酯亚胺双玻璃丝包线QZYB
对地绝缘	0.14mm环氧粉云母带5348半叠绕两层	0.14mm有机硅云母带5450半叠绕两层	0.14mm醇酸云母带半叠绕两层	0.05mm聚酰亚胺薄膜带半叠绕三层
保护绝缘	0.1mm玻璃丝带槽部平绕一层,端部半叠绕一层			
槽部绝缘	0.2mm聚酯薄膜玻璃漆布一层	0.17mmNHN一层	0.2mm聚酯薄膜玻璃漆布一层	0.17mmNMN一层
绝缘等级	B	H	B	F

表 5-11 条形补偿绕组的绝缘规范

电压等级(V)	500	500	1000	1000
对地绝缘	0.14mm 环氧粉云母带 5438 半叠绕三层热压成形	0.05mm 聚酰亚胺薄膜半叠绕三层	0.17mm 环氧粉云母带 5438 半叠绕四层热压成形	0.05mm 聚酰亚胺薄膜半叠绕四层
保护绝缘		0.1mm 玻璃丝布带平绕一层		0.1mm 玻璃丝布带平绕一层
槽绝缘	0.17mm 聚酯薄膜玻璃漆布一层	0.17mmNHN 一层	0.2mm 聚酯薄膜玻璃漆布一层	0.17mmNMN 一层

（3）换向极的绝缘结构

换向极的绝缘结构的线圈绝缘和极身绝缘与主极的绝缘基本相同，如表 5-12 所示。

表 5-12 换向极的绝缘规范

结构形式	框架式多层线圈	套筒式多极线圈	裸线平绕线圈
电压等级(V)	500	500	500
绝缘等级	B	H	F
线圈对地绝缘	0.25mmDMD 围包绕 $2\frac{1}{4}$ 层	内表面和上、下侧垫放 0.25mmNHN 两层包布带，再用 0.1mm 玻璃丝带半叠绕一层	内表面和上、下侧垫放 0.25mmNHN 两层，外面半叠绕 0.05 聚酰亚胺薄膜带和用 0.1mm 玻璃丝带各叠绕一层

续表

结构形式	框架式多层线圈	套筒式多极线圈	裸线平绕线圈
极身绝缘			
绝缘处理	线圈浸 1032 漆一次	线圈浸 9111 漆一次	线圈浸 155-1 漆一次
适用范围	小型电机	小型电机	中、小型电机
结构形式	裸线扁绕	裸线扁绕	裸线扁绕
电压等级(V)	500	1000	1000
绝缘等级	B	B	F
匝间绝缘	0.1mm 环氧玻璃坯布三层	绝缘垫块	绝缘垫块
线圈对地绝缘			
极身绝缘	0.17mm 环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层 0.2mm 环氧粉云母箔围包$2\frac{1}{4}$层 0.17mm 环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层	0.2mm 环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层 0.05mm 聚酯薄膜与 0.25mm 醇酸柔软云母板各围包$2\frac{1}{4}$层 0.2mm 环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层	0.2mm 环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层 0.25mm 有机硅柔软云母板与 0.05mm 聚酰亚胺薄膜带各围包$2\frac{1}{4}$层 0.2mm 环氧玻璃坯布围包$1\frac{1}{4}$层
绝缘处理	整个换向极浸 1032 漆一次	整个换向极浸 1032 漆一次	整个换向极浸 155-1 漆一次
适用范围	大、中型电机	大型电机	大型电机

5.2.3 直流电机电枢绕组的绝缘处理

直流电机的绝缘处理主要有电枢绕组和并、他励、换向极等线圈的浸渍处理,其他绝缘零件的表面浸渍处理,热固性合成树脂的浇注,换向器两端的绝缘涂封,电枢、定子有关部位的表面覆盖漆的喷涂。

1. 浸渍漆的选用

直流电机选用的浸渍漆要满足如下要求。

(1) 漆膜光滑,挂漆量大。这是为了使由于电刷磨损后的炭粉和环境中的导电灰尘,不易累积在电枢绕组和定子各种线圈表面上,从而防止发生爬电击穿等故障。

(2) 热态黏结力高。这是为了使浸渍后绕组的整体性好,并保证直流电机在运转时,电枢不至于出现甩漆现象。

(3) 热态绝缘电阻高。由于直流电机电枢回路绝缘电阻的并联支路多,将影响电枢绕组的绝缘电阻值,所以必须选用热态绝缘电阻高的浸渍漆,以提高直流电机的热态绝缘电阻。

此外,浸渍漆还应具有固体含量较高,黏度较小,渗透力强,导热性好,机械强度高和与其他材料的相容性好等性能。

2. 电枢浸漆方法

常用的电枢浸漆方法主要有滴浸法、沉浸法、真空压力浸漆法和滚浸法四种。滚浸法一般不采用,这里不做介绍。

(1) 滴浸法

滴浸法主要用于小型直流电机电枢的浸漆。电枢滴浸常用的设备有转盘式、传送带式和单台式等,其中单台式适用于小批量浸漆,转盘式和传送带式适用于成批量生产。滴浸时通常采用

绕组通电内加热方法，也可以采用外部加热（如用红外线加热）。滴漆方式有倾斜滴漆和水平滴漆两种。滴漆时可以一次滴完，也可以分 2～3 次。多次滴漆有利于提高滴漆速度，第一次滴漆使电枢线圈内部浸透绝缘漆，第二、第三次使绕组端部密封。

（2）沉浸法

沉浸法用于一般的中、小型直流电机电枢。表 5-13、表 5-14 分别为 B、F 级无溶剂漆沉浸法浸漆工艺和 H 级 1053 有机硅漆沉浸法浸漆工艺。

表 5-13　B、F 级无溶剂漆沉浸法浸漆工艺

序号	工序名称		工艺参数					
			B 级环氧聚酯酚醛无溶剂漆 5152-2			F 级不饱和聚酯无溶剂漆 319-2		
			温度（℃）	时间（h）	热态绝缘电阻（MΩ）	温度（℃）	时间（h）	热态绝缘电阻（MΩ）
1	预烘		130	6	>20	130	6	>50
2	第一次浸漆干燥	浸漆	50～60	0.5		50～60	0.5	
		滴漆	室温	>1		室温	>1	
		干燥	140	10	>8	150	6	>10
3	第二次浸漆干燥	浸漆	50～60	3min		50～60	3min	
		滴漆	室温	0.5		室温	0.5	
		干燥	140	12	>2 *	150	10	>5

注：* 第二次浸漆干燥时，绕组的热态绝缘电阻需连续 3h 稳定在同一数值，才能结束烘焙。

表5-14　H级1053有机硅漆沉浸法浸漆工艺

序号	工序名称		工艺参数		
			温度(℃)	时间(h)	热态绝缘电阻(MΩ)
1	预烘		130	6	>50
2	第一次浸漆干燥	浸漆	50~60	0.5	
		滴漆	室温	0.5	
		干燥	130 180	4 6	
3	第二次浸漆干燥	浸漆	50~60	3min	
		滴漆	室温	0.5	
		干燥	130 180	4 6	
4	第三次浸漆干燥	浸漆	50~60	1min	
		滴漆	室温	>20min	
		干燥	130 190	4 14~16	>10*

注：* 第三次浸漆干燥时，绕组的热态绝缘电阻需连续3h稳定在同一数值，才能结束烘焙。

(3) 真空压力浸漆法

真空压力浸漆法适用于要求电枢绕组防潮性能较高的中、小型直流电机。

5.3 直流电机线圈的绕制

5.3.1 直流电机电枢线圈的绕制

直流电机的电枢绕组多是用扁铜绕组线绕制成成形线圈，再嵌到电枢槽内。较小容量的电枢绕组，则用圆铜绕组线绕制成散嵌线圈嵌到电枢槽内。极小型的电枢，则由圆铜绕组线直接绕在铁芯槽内。

直流电机的电枢线圈按其结构可分为单匝和多匝线圈，还有一种条式线圈（又称半匝线圈）。

1. 圈式电枢线圈的绕制

典型工艺流程：

下料→搪锡→平直→组合→扳圆→拍脚→成形→包修匝间绝缘→导线胶化→包对地绝缘→浸漆处理→试验。

（1）下料

常用绕组线有双玻璃丝包扁线、漆包扁线、聚酰亚胺薄膜烧结线、玻璃丝包漆包扁线、玻璃丝包薄膜绕包扁线。

下料前核对绕组线型号、规格，使其符合图样要求；检查截面尺寸使其符合铜线标准；检查绝缘表面，其不应霉烂、损坏。

下料可使用断线钳手工剪断，大批生产时一般用平直下料机自动下料，下料长度应按线圈首件尺寸确定。

（2）搪锡

引线搪锡前需将绕组线表面绝缘刮除。为了去除绕组线表面的玻璃丝或薄膜，可将引线部分插入锡锅，稍加热后取出，用钢丝轮砂光机或手工刮子刮除；绕组线表面的漆膜可用化学方法去除。将去漆部分浸入配置好的化学溶剂中浸泡数分钟，待漆膜脱

落后，用热水或酒精清洗，并用棉纱擦干净。注意在溶剂中浸泡时，铜线之间不得紧挨着，防止因毛细作用使溶液顺间隙上升，影响去漆膜长度。

化学脱漆法主要有酸性脱膜和碱性脱膜两种。酸性脱膜法用的是硫酸或甲酸；碱性脱膜法用的是碱液或熔盐。硫酸和熔盐脱膜工效高，但操作不安全；碱液脱膜成本低，但工效不高。

以下介绍两种效果较好的脱膜方法。

① 配方1（质量分数）：

甲酸（85%）	8%
二氯乙烷	88%
苯酚	4%

② 配方2（质量分数）：

甲酸	72%
苯	3.5%
醋酸戊蜡	7%
丙酮	3.5%
液状石蜡（密度 $0.8g/cm^3$）	14%

电枢线圈引线搪锡一般用纯锡，或用锡铅焊料，焊剂用松香酒精溶液。

搪锡时，先给已刮除绝缘层的引线部分浸涂焊剂，然后插入锡锅内搪锡，锡温保持在250～300℃，取出后立即用棉纱擦去多余锡液。

(3) 平直

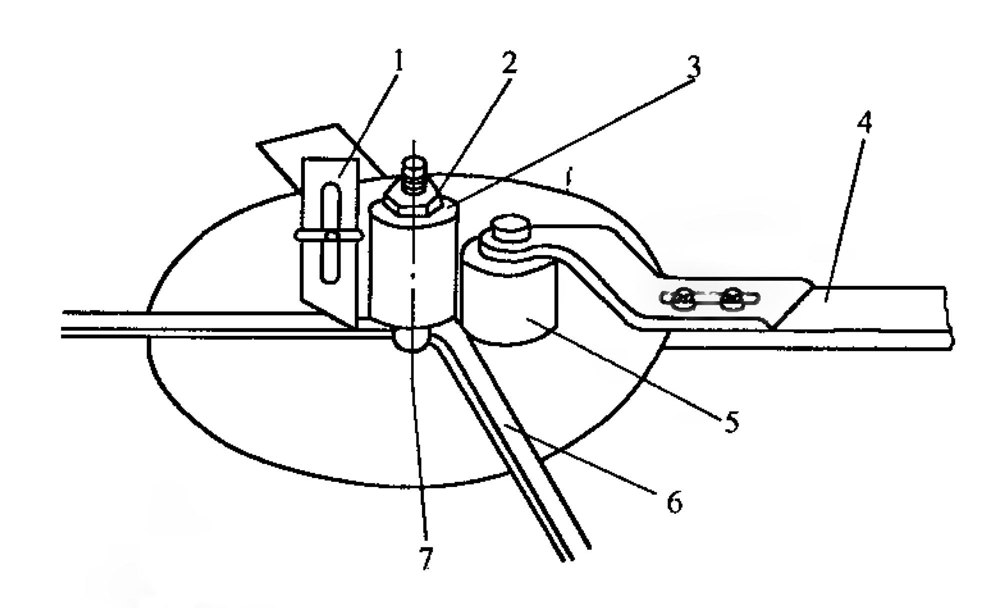
此即在平台上，用胶木板将铜线宽度方向和高度方向敲平直。

（4）组合

组合时在线匝间垫入与匝间绝缘相应厚度的绝缘垫条，一般用0.5mm的绝缘纸板。

（5）扳圆

弯制鼻部R俗称扳圆。可以用扳圆机弯制，也可以用扳圆模弯制。如图5-19所示是扳圆模的示意图。



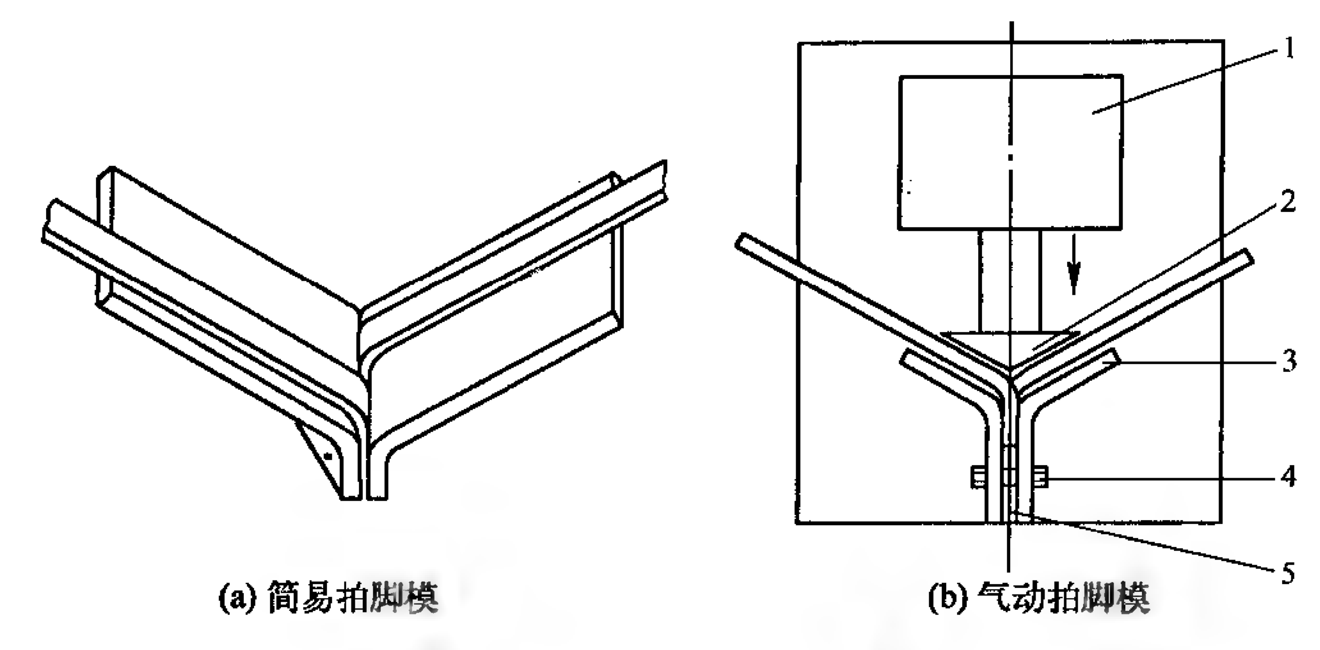
1—压板；2—螺母；3—压套；4—手柄；5—滚柱；6—导线；7—心柱

图5-19 扳圆模的示意图

操作时先用压板1压住导线，旋紧螺母2，使压套3稍压紧导线6，转动手柄4时滚柱5即推动导线，铜线就按心柱7的半径扁弯出R来。扳圆过程中压套3的压力要适宜，压力过小，导线扁弯处会起波纹；压力过大，会损伤铜线。

（6）拍脚

导线弯出鼻部R后，需把上下层边分成“人”字形，俗称拍脚。可将拍脚模夹在虎钳上，把线圈鼻部夹在拍脚模凹槽中，用木锤将铜线沿支持板敲成“人”字形，如图5-20所示。



(a) 简易拍脚模　(b) 气动拍脚模

1—汽缸;2—拍脚块;3—拍脚模;4—夹紧螺钉;5—拍脚垫板

图 5-20　拍脚模

线圈放入拍脚模后,夹紧鼻部,打开汽门,汽缸带动拍脚模,将线圈顶成“人”字形。不同的线圈,可更换拍脚垫板。拍脚角度相差过大时,可更换拍脚模和拍脚块。

(7) 成形

线圈成形是在专用的模子上完成的,通常称该模为敲形模。由于线圈的几何形状和尺寸由敲形模确定,因此线圈成形前须检查敲形模。如图 5-21 所示为波绕线圈敲形模的示意图。

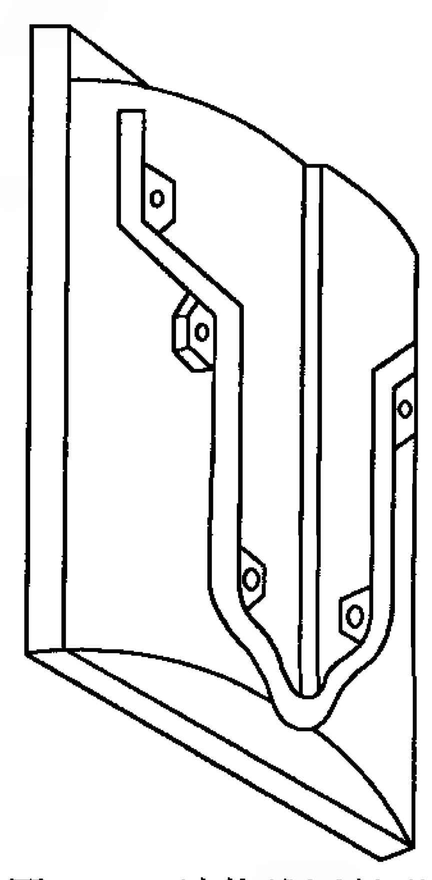


图 5-21　波绕线圈敲形模的示意图

检查完敲形模后,将线圈鼻部插入敲形模鼻夹内,夹紧鼻夹螺钉使其

固定，然后分别将上下层边从鼻夹顺端部斜边敲靠模子，边敲形边用偏心轮夹紧固定，依次敲靠直线及引线端，引线间隙可在垫入垫片后再逐一敲出。

（8）包修匝间绝缘

① 用裸铜线绕制的电枢线圈，一般每匝半叠包一层黄云母带作匝间绝缘。包扎顺序通常由下层边引线开始，沿直线鼻端包至上层边引线，然后在引线末端半叠包一层0.06mm厚的无碱玻璃丝带，包扎方向从引线往线圈端部斜边包扎，相邻匝末端错开约10mm，收尾处用虫胶或酚醛树脂黏牢。

② 用绕组线绕制的电枢线圈，绕组线本身绝缘即为匝间绝缘。因线圈弯制过程中的绝缘有损伤，尤其是鼻端和引线，因此需要修补，可用同等级的绝缘材料半叠包一层。

（9）导线胶化

导线胶化的目的是使槽内部位的线匝黏结为一整体，并保证截面尺寸符合图样的要求。

导线胶化使用的是蒸汽压模或电热模，其主要部件为底压铁和上压铁两部分，底压铁下侧装有蒸汽或电加热装置，上压铁根据线圈直线部分截面尺寸和长度制作而成。

压形前在线圈直线部分线匝间刷一层黏结漆，晾干数小时，将直线部分半叠包一层聚四氟乙烯薄膜或平包一层斜纹布带，以便脱膜。

压形时，先将压模的各工作面（与工件接触面）清理干净，并涂刷一层硅橡胶甲苯溶液，以便脱膜。线圈装模后，用压形卡子将上压铁压靠，按工艺要求的温度和时间保温。

线圈卸模后，拆除脱模带，将导线清理干净，放在平台上冷

却，需保证直线部分平直，防止变形。胶化后的线圈截面尺寸应符合图样要求，各匝铜线不应窜位。

（10）包对地绝缘

① 电枢线圈的对地绝缘一般用B级或F级绝缘，表5-15为几种常用的绝缘材料。

表5-15　几种常用的绝缘材料

耐热等级	绝缘材料名称
B级	5438－1环氧玻璃粉云母带
	5432纯酸云母带
	5131纯酸玻璃柔软云母板
H、F级	聚酰亚胺薄膜带
	5450有机硅玻璃云母带
	5450－1有机硅玻璃云母带

② 对绝缘包扎的基本要求为：包扎材料的型号、规格及包扎层数符合图样或绝缘规范要求。

具体而言，包扎应均匀、平整，尽可能包紧；半叠包应准确，允许包绕10圈相差1/2带宽。包扎方向应从下层边包至上层边，与匝间绝缘包扎方向一致。

另外，材料接头应在高度方向；片云母带接头、搭接处应去掉一云母片，以免影响截面尺寸；包扎片云母带时，若有云母片掉落，必须补上或重新接头。

由于电枢线圈较长，截面尺寸较小，机械化包扎有一定困难，故大多采用手工包扎。采用绝缘带包扎的线圈，直线部分绝缘层

数比端部多1～2层，包扎时先包直线比端部多余的层数，然后将整个线圈包到规定的层数。最外层包一层无碱玻璃丝带，直线为平包，端部为半叠包，以用做永久保护带。

③ 采用复合绝缘的电枢线圈，直线用云母箔或云母板卷包，端部用绝缘带连续包扎。对于电压较低的小型线圈，往往直线卷包云母板，整个线圈包一层玻璃丝带。步骤为先将云母板卷包在直线部分，用带子疏紧扎紧，然后包玻璃丝带，端部半叠包，直线部分平包，包直线时边包边拆去临时扎紧的带子，包完后，末端用针线缝牢。

(11) 浸漆处理

线圈浸漆的目的是为了驱除绝缘内部的潮气，使绝缘浸渍漆填充内层和覆盖表面，以提高其耐潮性、导热性、电气性能和力学性能。

① 浸渍漆分有溶剂漆和无溶剂漆两类。前者具有渗透性好，储存期长，使用方便等特点，但其浸漆和烘焙时间长，固化慢，溶剂挥发还会造成浪费和污染。后者的特点是固化快，流动性好和浸透性好，绝缘整体性好，固化过程挥发少。

② 浸漆处理主要包括预烘、浸漆、烘培(或干燥)三个过程。先将包完绝缘的白坯线圈进行预烘，其目的在于使工件加热，驱除分布在绝缘内部的潮气和低分子挥发物。线圈预烘完冷却到50～70℃即进行浸漆，经适当滴干后进行烘焙干燥。干燥过程是使漆中的溶剂挥发，漆基固化，并在工作表面形成坚固的漆膜。

线圈绝缘的耐温等级不同，选用的浸渍漆不同，其浸漆工艺，漆的黏度要求也不同。因此浸漆前必须了解浸渍漆牌号及浸漆工艺，按要求调整好漆的黏度(用4号黏度杯测量)，然后按工艺要求的温度、时间进行浸烘。

（12）试验

① 大、中型直流电机的电枢线圈多为单匝成形线圈，匝间短路试验用220V交流电源。串联灯泡，将灯泡的两个出线端分别与相邻两匝铜线连接来鉴别是否有短路。若灯泡发亮，则两匝间有短路。

② 电枢线圈的成品须做对地耐压试验，其试验电压为$2.5U_N+2500$（U_N为额定电压），耐压时间为1min。

2. 条式电枢线圈的绕制

半匝式电枢线圈俗称条式电枢线圈。它的绕制工艺过程比圈式电枢线圈要简单一些，不用扳圆，不用拍脚，其他各项工艺基本相同。条式电枢线圈的敲形模的上下层分开制作，线圈成形时，将组合后的导线放在敲形模直线部分，用偏心轮固定好直线，然后分别敲出两端端部和引线形状。为区分上、下层线圈，线圈成形后需在换向器端引线头上打上标记。

5.3.2 直流电机励磁线圈的绕制

直流电机的励磁绕组，按励磁方式的不同分为他励绕组、并励绕组、串联绕组和复励绕组。

1. 并励线圈的绕制

并励线圈一般采用的是漆包圆导线（当然也有扁线绕制，绕制方法与串励线圈相同），它的匝数较多，多则上千匝，少则也有数百匝。绕制程序是：先把绕线横装在绕线机主轴上，在模子缺口里要预先放好线圈扎带，将导线从导线夹中穿过，并调节好导线拉紧力，调整匝数计数器，启动绕线机绕线。绕制时，导线的排列要整齐，拉力要随时调整。绕第二层导线时的拉力要比第一层

稍放松些，以免因第二层导线的拉力大而被嵌进第一层导线的线间缝道里。当绕到一定层数时，把各缺口的扎带折回一次，然后再绕约20匝左右，将各扎带拉紧，照样继续再绕。绕最后一层前，把扎带折向端头，形成扣形套，连续绕到最后一匝时，将导线穿过扣形套拉紧扎带，把最后一匝压住。取下线圈系牢进行浸漆，将线圈内侧及上下端面垫好绝缘作为对地绝缘，再半叠包0.1mm厚玻璃丝带一层，然后再浸漆。

2. 串励线圈的绕制

串励线圈的导线截面较大，匝数较少，所用的导线有：绝缘漆包圆铜线、玻璃丝包（或漆包）扁线、裸铜排或铝排。由于所用的材料不同，它们的绕制方法也就不同。

（1）绝缘圆导线的串励线圈，它的绕制方法大体同并励线圈，可以用并励线圈的绕线模。在用截面较大的导线绕制并励或串励线圈时，一般要求线圈的底线和面线都放置在线圈外层的表面上。在绕制前，要预先计算线圈的匝数、层数、每层匝数。例如，线圈共16匝，每层为4匝，层数是4层。取4匝导线的总长度（应加引线长），先反绕第4匝，暂时把第3,2,1匝的导线绑在绕线模挡板外面，然后顺绕第一层的第5,6,7匝，接着顺绕第二层的8,9,10匝，这时取下导线反绕第3匝，依次绕第3层、第4层和第2,1匝。将绕好的线圈扎紧，从绕线模上取下。

（2）用绝缘扁导线绕制线圈，这与用圆导线的绕制方法略有不同。如上所述，先取4匝导线的总长度（应加引线长），在绕线模上反绕第4,3,2,1匝，把第1匝的线头扎住，然后顺绕第1层的第5,6,7匝，依次顺绕第2层、第3层、第4层，使线圈引线头均在外层的表面上。扎紧线圈，从绕线模上取下。

(3) 用裸铜(铝)扁导线扁绕线圈。大容量直流电机的串励线圈常用裸铜(铝)扁导线来绕制。这种线圈通常是扁绕而成。矩形裸扁导线扁绕比平绕困难,而且工艺过程较长(需退火、压平等程序),但扁绕线圈散热较好,机械强度较高,维修方便,对于电流大的线圈来说扁绕比平绕好。线圈的扁绕是使用扁绕专用工具或扁绕机绕制的。绕前将铜扁导线退火,稍后把整个绕组取出进行第2次退火,在压床上用冷压工具将退火后的线圈压平。出线头用银铜或磷铜焊接。然后热压匝间绝缘,使匝间绝缘固化。有的线圈需压成圆弧形时,则应将压弧模置于油压机上,然后将线圈放在上、下模之间加上一定压力,则线圈可被压成图样要求的圆弧形。

5.3.3　直流电机补偿线圈的绕制

补偿线圈按结构分为菱形,同心式和条式3种形式。菱形线圈的绕制与散嵌交流定子线圈相似,同心式线圈的绕制与绕组线绕制的主极线圈相似,这里主要阐述条式补偿线圈的绕制。

绕制条式补偿线圈的典型工艺流程为:

下料→平直→引线加工→成形→绝缘→热压→试验。

1. 下料

条式补偿线圈用铜母线制作。下料前先核对铜母线规格,检查其外观质量和截面尺寸。然后将铜线基本平直,用铜条切断机或其他机械下料,且按图样要求的长度下料,允许偏差为±2mm。

2. 平直

将铜线铺在平台上,用锤子垫以胶木板将铜线的大、小面敲打平直。有些铜线的截面尺寸较大,手工平直有困难,可用油压

机初步压平后，再用手工敲平。铜线上若有毛刺和尖角，须用锉刀及砂布锤修并磨光。

3. 引线加工

条式补偿线圈的连接方式大致有 3 种，其引线加工也不同。用并头套软钎焊连接的线圈，引线需搪锡处理；用硬钎焊连接的线圈，需在搭接处铣出台阶；用螺栓连接的线圈，引线需钻孔并搪锡。

4. 成形

带 S 弯的补偿线圈，需用压模压出 S 弯，这可在气动压床上压制完成。这种线圈应作首件样品，定出下料长度，再成批下料。

5. 绝缘

（1）常用绝缘结构

补偿线圈对地绝缘的常用结构为：B 级绝缘用 0.14mm 环氧玻璃粉云母带半叠包四层热压成形；F 级绝缘用 0.14mm 玻璃粉云母带半叠包四层。大型直流电机为加强绝缘，可再在中间加包一层 0.05mm 聚酰亚胺薄膜带，然后热压成形。

（2）包绝缘

包扎前应清理铜线上的毛刺，用酒精擦洗干净。用红铅笔在铜线上画出绝缘包扎范围，将铜线在热压模上预热至 60～80℃后，用图样规定的绝缘材料半叠包到要求的层数，用卡尺测量包扎尺寸。包扎尺寸应放大 15%～20% 绝缘压缩量，若尺寸偏小，应加包绝缘，使线圈截面尺寸能符合图样要求。包完绝缘在外面半叠包一层 0.03～0.05mm 的聚四氟乙烯薄膜做脱模用。

6. 热压

热压的目的是使绝缘固化成形，并使线圈截面尺寸达到规定

要求。

补偿线圈的绝缘固化可在蒸汽压模或电热模上进行。不同几何尺寸的线圈可更换上压铁，上压铁的长度一般比线圈绝缘长5～10mm，上压铁的压截面尺寸一般为线圈名义尺寸加0.1～0.15mm。压前需检查压铁尺寸，将毛刺及油污等清理干净，在压模的各工作面涂刷质量分数为5%的硅橡胶甲苯溶液，以便脱模。

热压时，将包好绝缘的线圈放入压模，线圈小面向上，然后装好上压铁及压卡子，拧紧螺杆加压，按工艺要求的温度和时间保温。出模后扒出脱模材料，清理余胶，然后放在平台上自然冷却。

7. 试验

成品线圈需做对地耐压试验，试验电压为$2.5U_N'+2500$（U_N为额定电压），耐压时间为1min。

5.3.4　直流电机均压线的绕制

均压线按结构可分为人字式、渐开式、环式和条式，如图5-14所示。

1. 人字式均压线的绕制

人字式均压线的绕制工艺流程为：

下料→搪锡→平直组合→扳圆→拍脚→成形→绝缘→浸烘。

人字式均压线的绕制工艺与圈式电枢线圈基本相同，它的结构形式有单匝和多匝。单匝线圈常用铜扁线或绕组线绕制，外面半叠包一层玻璃丝带；多匝线圈用绕组线绕制，下料平直后按图样或原线圈要求的匝数将铜线组合在一起。用白布带疏绕一层，轻弯制成形后包绝缘。其绝缘形式有多种，包扎时按图样或原线

圈要求的材料、层数包扎，包扎完绝缘的线圈，再进行浸漆处理。

2. 渐开式均压线的绕制

渐开式均压线的绕制工艺流程为：

下料→平直→搪锡→弯头→成形→焊并头套→并头套搪锡→包绝缘→浸漆。

渐开式均压线用铜扁线制作，其一端与换向器连接，在该端需将引线扁弯成90°，这可在扳圆模上弯制完成。另一端与电枢线圈连接，在该端焊以并头套，用银焊料焊接，在专用的敲形模上完成线圈成形。该种线圈的绝缘，一般半叠包一层云母带或聚酰亚胺薄膜，外面半叠包一层玻璃丝带，并进行浸漆处理。

3. 环式均压线的绕制

环式均压线的绕制工艺流程为：

下料→搪锡→画线→弯引线→胶化→并头→绝缘→浸漆→烘焙。

环式均压线用绕组线绕制，环形由三段线（或两段线）首尾相接组成；引线按规律弯制，引至圆环边沿，等距离排列。绕制时借助环形成形模，将铜线下料搪锡后分成三组，分别在成形模上按三分之一圆环长度画出每匝铜线引线的弯制位置，用扳圆模将每根铜线两端引线扁弯成90°。然后按次序排入成形模内，刷以黏结漆，放进烘炉烘焙，使各线匝黏结成一整体。冷却后，用钳子将每匝铜线的首尾相接的引线合并后弯形。最后将绕组引线及环形分别半叠包两层绝缘带，外面半叠包一层玻璃丝带，并进行浸漆处理。

4. 条式均压线的绕制

条式均压线的绕制工艺流程为：

下料→搪锡→平直组合→预弯→成形→匝间胶化→绝缘→浸漆。

条式均压线用绕组线绕制。下料时应注意各匝间的铜线长度不等，且相差一个匝差。组合时借助阶梯形排线板，将各匝铜线依次排列后，用白布带半叠包一层，在专用的预弯模上弯制出线圈各转角，然后用成形模敲出各匝引线形状。线圈的直线部分应涂刷黏结漆将导线胶化，最后按图样要求的绝缘材料及包扎层数包绝缘，外面半叠包一层玻璃丝带，进行浸漆处理。

5.3.5　直流电机电枢绕组的嵌线

1．嵌线前的准备

（1）整理换向器

用烙铁等工具对换向器升高片或换向片接线槽加热，去除残余焊锡和污物。有升高片的则应先搪锡，再用扁嵌将升高片整理好。

（2）对换向器进行耐压试验

用220V校验灯检查片间是否短路，换向器是否通地。具有高压设备的应做($1000+2U_e$)对地耐压试验(U_e为额定电压)，无高压设备的可用1000V兆欧表测试对地绝缘电阻。经检查确无短路和通地后，最后用弹性纸板或布把换向器包扎好。

（3）整理电枢铁芯

用废旧的锯条或锉刀将槽内的绝缘材料等杂物清理干净，锉去槽内及槽口的毛刺，然后用圆毛刷刷清铁屑，并以压缩空气吹去灰尘。转轴上如有油污应揩清。

（4）选用绝缘材料

根据直流电机的绝缘等级选用绝缘材料，并按槽绝缘、端部

绝缘及对地绝缘的大小裁好。

2. 嵌线过程

(1) 绝缘

在电枢铁芯前后的绕组支架上包扎好绝缘，然后放置槽绝缘或槽底垫条，槽绝缘伸出铁芯两端的总长度一般如下。

电枢铁芯长度 $l_a < 100$mm 时，绝缘伸出长度为 $L'_a = 10$mm；

电枢铁芯长度 $l_a < 100 \sim 200$mm 时，绝缘伸出长度为 $L'_a = 15$mm；

电枢铁芯长度 $l_a > 200$mm 时，绝缘伸出长度为 $L'_a = 20$mm。

(2) 嵌均压线

若电枢绕组上连有均压线时，而且均压线在换向器端，可按所标记号在两端搪锡后，把均压线和换向片连接起来。均压线的绝缘应和电枢绕组一致，要求鼻端在同一平面，垫好下层绝缘，然后安放在线圈支架上。最后垫好上层绝缘，并根据拆除旧绕组时的记录，单独进行绑扎或与电枢端部一起绑扎。

(3) 嵌下层边

在下线前，先找出电枢标记，然后将绕组下层边嵌入槽内，用滑线板整理齐槽内导线，放好层间绝缘后，再用压线板压紧层间绝缘和绕组下层边。

将绕组下层边的引线头放进预订的(做好标记处)换向器接线槽内。如果无标记，一般情况下引线头位置应连接到离绕组有效边约 1/2 槽节距的换向片上。

(4) 嵌上层边

当绕组下层边连续嵌到一个槽节距时，即可开始嵌该绕组的上层边。绕组两边的距离一定要达到槽节距的宽度。

(5) 打槽楔

用滑线板理直槽内导线,然后剪去铁芯表面多余的绝缘纸,再用滑纸板折叠槽口绝缘,以压线板压住折叠的槽口绝缘,用铁锤轻敲导线使之紧密,最后打入槽楔(槽盖板)。

(6) 对端部进行整形

用上述方法依次将每个绕组的下层边、上层边嵌好,逐只翻起上层边线头,用敲板将前端部整理平服,并衬好线头与端部间的绝缘。用低压校验灯等工具找出属于同一只绕组的接线头,然后按照换向器节距将上层边线头放进相应的换向器接线槽内。

① 单叠绕组的换向器节距是 $y_k = \pm 1$,即表示下层边、上层边放入相邻两换向片中。

② 单波绕组的计算公式是:

$$y_k = \frac{k \pm 1}{p}$$

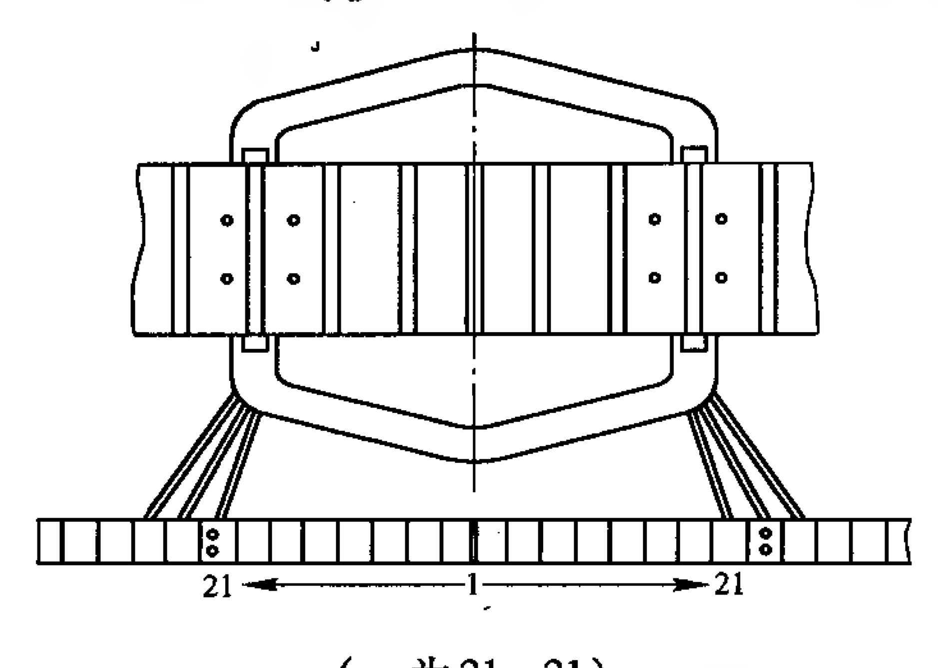
式中 k——换向器片数;

p—主极对数;

$\pm$——表示绕组为左行或是右行之别。

在确定嵌线位置时,先在电枢上选一个铁芯槽,作为嵌入线圈的第1槽,并在铁芯上画出一个记号,以这个记号槽向前数(顺时针方向)到一个线圈的跨距(1~8)第8槽。从第1槽至第8槽作为嵌入第一只线圈的位置,在这个位置的1~2处即第4槽位置画出一条中心线,并延至在换向器的换向片上。为了直观检查,可以用一根铜线从第4槽的槽中心,一直伸向换向器与正对的一个换向片上,则这个换向片即是换向器节距的中心。因此从这个换向片开始分别沿换向器顺时针和逆时针两个方向各数 $y_k/2$ 片,第

$y_k/2$ 片分别为铁芯记号槽内线圈元件接入换向片的位置，然后在前后 $y_k/2$ 片上各做记号（y_k 为换向器的节距），如图.5-22 所示。



（y_k 为 21 – 21）

图 5-22 线圈的起始嵌线位置

③ 蛙绕组的嵌线，可看成是波绕组与叠绕组嵌线的总和。因蛙绕组中波绕组和叠绕组是绑扎在一起的，如果绕组整形很好，则按原来槽和换向片的记号嵌线很容易。先嵌第一个波绕组的下层边，线头穿在所对的换向器升高片里，然后找到第一个叠绕组的下层边所在槽，并将其嵌入槽内，把线头插入对应的换向器升高片里。

然后依次嵌第一个节距范围内的波、叠绕组，将上层线圈留在槽外。在嵌第二个节距的绕组时，波、叠绕组的下层边放入槽内后，其上层边即可放到第一节距内相应的下层边上，并注意放置上、下层的端部绝缘，在槽内放上、下层层间的垫条。

在嵌最后一个节距的波、叠绕组时，需将第一个节距内的上层边向外扳开，将下层边放入槽内后，然后再将第一节距内的相

应的边嵌入槽内，直至结束。

3. 电枢端部的绑扎

电枢端部的绑扎常用的有无纬带绑扎或钢丝绑扎。

（1）无纬带绑扎

无纬带绑扎工艺一般分整形、预热、绑扎和固化等工序。

① 整形时，中、小型直流电机可用夹具将端部夹紧，大型直流电机可预扎钢丝，使绕组端部与支架贴合。

② 预热时，将电枢放入烘炉预热，温度为80～100℃，时间根据直流电机的大小而定，一般为2～4h。其目的是使绕组绝缘软化和增加弹性，同时使无纬带能与工件较好地黏合。

③ 绑扎时，将电枢放在专用绑扎设备上，用一套滚轮增加对无纬带的拉力。对于0.17mm×25mm的无纬带，拉力为350～400N。应绑完一个箍后再绑第二个，避免轴向来回交错地绑扎从而影响电枢的绑扎强度。

④ 固化：固化温度和时间按相关规定进行。

（2）钢丝绑扎

钢丝绑扎应在扎钢丝机或车床上进行。绑扎的材料为镀锌钢丝。

① 电枢预热温度应是80～100℃，时间为2～4h。

② 垫放端部绝缘柔软云母板等，再用玻璃丝布和无碱玻璃丝带包扎。

③ 在预扎钢丝时，用木锤或橡胶锤敲打绕组端部，使绕组与支架绝缘贴合。

④ 在正式绑扎钢丝时要松开预扎钢丝，再进行正式绑扎。间隔200～300mm处放置一个扣片，始、末端放两个扣片，相

距15～30mm。

⑤ 最后是焊接钢丝和扣片，在绑扎完钢丝后，用焊锡将钢丝和扣片焊成一个整体，以防止钢丝散开和松脱。

最后切除绕组引线余头。

5.4 直流电机电枢绕组与换向器的焊接

5.4.1 直流电机电枢绕组与换向器的焊接要求及一次焊接

1. 基本要求

(1) 电接触好，即接触电阻要小。如果接触电阻大，当电流流过时，将产生高温，并引起脱焊，使直流电机不能安全运行。

(2) 机械强度好，即在直流电机运行时，焊接接头具有足够的机械强度，能与直流电机绝缘耐热等级相适应。如果机械强度不好，当直流电机运行时，在热和离心力的作用下，绕组线端将被甩开，引起一系列的故障。

(3) 热影响区小，即焊接过程中的热影响区要尽量小。如果热影响区大，将降低换向片的硬度，影响绕组的邻近绝缘。

2. 焊接方法

电枢绕组与换向器升高片焊接的方法很多，常用的有烙铁焊接、整体一次焊接、中频焊、点焊、电阻钎焊、氩弧焊（又称TIG焊接）。其中的烙铁焊接、整体一次焊接、中频焊属软钎焊，电阻钎焊为硬钎焊，而氩弧焊属溶焊。

3. 钎焊焊料和焊剂的选择

(1) 焊料的选择

焊料应具有适当的熔点，良好的润湿性、流动性、抗腐性和导

电性。换向器升高片与电枢绕组的烙铁锡焊，整体一次锡焊、中频焊都采用锡或锡铅合金为焊料。由于焊料的含锡量高、流动性好，所以深而狭的焊缝宜采用含锡量高的焊料，短而宽的焊缝宜采用含锡量低的焊料。

常用的硬焊料有磷铜焊料和银铜焊料。磷铜性能脆，不耐振动；银铜焊料不仅机械强度比磷铜高，而且导电性、抗腐蚀性也比磷铜好，但其价格较贵，一般只用于机械强度和电气性能要求很高的换向器升高片、电枢绕组或换向片的焊接。

（2）焊剂的选择

钎焊焊剂应具有的特点为：能溶解除去氧化物，使钎焊容易进行；能改善焊料对焊件的湿润性；具有低于焊料的熔点和一定的流动性；容易脱渣。钎焊焊剂可分为有机焊剂和无机焊剂。

① 无机焊剂。无机焊剂又称酸性焊剂，由卤族元素的盐类制成，如氯化锌、硼砂，以及含有氯化锌和氯化铵的焊药膏等。它能有效地清除焊件的氧化物，改善焊料的湿润性和流动性。但由于它对铜和绝缘都有强烈的腐蚀作用，在换向器上升高片与电枢绕组焊接中，一般应避免采用。若采用这类焊剂时，焊后必须彻底清洗焊剂残余和焊渣。

② 有机焊剂。有机焊剂又称中性焊剂，普遍采用的是松香或松香酒精溶液。它无腐蚀作用，反而可以形成坚硬的薄膜，保护焊接处不受氧化的腐蚀。

4. 换向器与电枢绕组整体一次锡焊

整体一次锡焊又称整体浸焊。焊接时，要注意锡焊的温度不宜过高或过低，一般在360℃左右。温度过高，焊料会变脆，从而影响结合强度；温度过低，焊料流动性差，不容易渗进缝隙，从而

会影响焊接质量。焊接时间不宜过长，应随工件大小而定，一般不超过几分钟，以免换向器过热产生有害变形。

5.4.2 直流电机电枢绕组与换向器的电阻钎焊

1. 无升高片换向器与电枢绕组的电阻钎焊

无升高片换向器与电枢绕组的引线电阻钎焊，是一种换向器不带升高片，电枢绕组引线与换向片直接进行电阻钎焊的工艺方法。

(1) 焊接过程

无升高片换向器与电枢绕组的引线电阻钎焊，是利用电阻焊机进行的。焊接时将电枢绕组引线直接搁在换向器上，首先将引线线端及换向器表面的氧化层清理干净，在连接处放上厚0.10mm的Π形焊片，然后放下电极，并对下层绕组引线施加一定的压力，注意使绕组引线对准换向片中心，接着就通电焊接，大约通电6s后焊接处的焊片就会熔化。为了避免焊接时换向片局部过热，损坏线圈及换向片间的绝缘，焊接时在绕组引线两侧各放一根ϕ10mm的压缩空气冷却管进行冷却。压缩空气压力宜为40kPa。压缩空气管与线圈引线约成60°夹角。约10s完成一个焊接周期，这时上电极便可复位。但不要马上移去冷却管，因为此时焊接处的温度还较高，所以宜在上电极复位3s后再移去冷却管。另外，焊接时先焊下层引线，待下层引线全部焊完后，再进行上层引线的焊接。

(2) 电极材料与焊料

上、下电极可以选用HD－1型铬锆铜合金材料，化学成分如表5-16所示。

表5-16 电极合金的化学成分

元素名称	铬	锆	硅	镁	铜
化学含量	0.25～0.45	0.08～0.18	0.02～0.04	0.03～0.05	余量

由于HD－1型铬锆铜合金具有较高的导热性和导电性，且在高温下仍能保持良好的力学性能，所以是较理想的电阻钎焊的直流电机材料。此外还可以选用钼作直流电机材料，因为它具有耐高温，不变形，不需经过强化处理，与钎焊件不产生黏连，使用寿命长，加工方便和成本低的特点。

焊接时选用料204（一号铜银磷焊料），其电阻率为0.12Ω·m。焊条的熔化温度：固相线640℃、液相线815℃。焊料的化学成分如表5-17所示。

表5-17 焊料的化学成分

元素名称	磷	银	铜
化学含量	4.0～6.0	14～16	余量
	5	15	余量

焊料中因含有银磷成分，而且比例适中，故其机械强度比较理想。因为在钎料温度降低后焊料具有自钎性，不必添加钎剂，故它是电阻钎焊较理想的材料。

（3）工艺参数

① 焊接电流：过大的焊接电流将产生过高的温度，甚至使绕组引线熔化、绝缘烧损、换向片严重退火；过小的焊接电流则将延长焊件受热时间，使焊料流动性变差，影响焊料分布，并扩大换向片的过热区。因此选用合适的焊接电流很重要。根据实践经验，

选用大端为6mm,小端为4mm的换向片与截面为16mm×4mm的引线焊接时,焊接电流4000~5000A为最佳选择。

② 焊接压力:通电焊接前,先要在焊接件上施加一定的压力,断开电流后压力还要维持一定的时间。压力是通过上电极加到焊件上的。由于绕组引线的横截面积较小,故压力过大易使绕组引线变形,压力太小,又不易使引线与换向片帖服,影响焊接的质量,因此焊接时应注意控制压力的大小。根据实践经验,上电极对引线的压力一般以12.5~14MPa较适宜。

2. 有升高片换向器与电枢绕组的电阻钎焊

主要工艺过程:

(1) 清理升高片和绕组线端,去除表面油污和氧化膜。

(2) 在绕组线端与升高片之间装好银焊片。

(3) 做好冷却保护准备,准备好冷却水。

(4) 焊接,即用焊夹夹住升高片,并施加一定压力,然后接通电源,10~15s后,待银铜片熔化,此时应立即切断电源。

(5) 经冷却后再松开焊钳。

(6) 清理焊接表面。

(7) 整台直流电机全部焊好后,再用Tz-2型或Tz-3型电阻接触仪检测焊接质量。

5.4.3 直流电机电枢绕组与换向器的氩弧焊焊接

氩弧焊又称TIG焊接。采用氩弧焊焊接电枢绕组与换向器升高片时,有手工焊和自动化点焊两种形式。

1. 手工焊

采用手工焊时,为了便于操作,应将电枢垂直放置,让焊接面

朝上，然后操作者以向下的姿势将焊炬从外侧向轴心移动。

焊接时，应先供给保护气体——氩气，如果焊炬是水冷却的，还需同时供给冷却水，然后引弧施焊。引弧就是用钨极轻碰一下母材然后提起来，如果采用高频引弧只需电极接近母材即可引弧。电极未达到足够温度前，电弧常不稳定，可先在另外的铜片（废料）上引弧，电极热后，再移到要焊接的起点。焊时必须特别注意焊深和增强焊波，因为没有简便的焊深检查方法，只有依靠选择合适的焊接条件（电流、焊炬的移动速度、氩气流量等）来保证。为此常在模型上，用改变焊接条件的方法进行试焊，比较研究它们所得到的焊深（车去、铲去或磨光来检查），换向片的硬度变化、增强焊波的尺寸及母材的外观（有无塌边、跳动等），在此基础上定出最合适的焊接条件。一片焊完，移出该片再焊另一片，以避免局部过热。焊完切断电弧，关闭冷却水，气流是通过时间继电器延时数秒钟后停止的。

2. 自动化点焊

自动化点焊是利用自动化点焊机，在换向器升高片端上一周一周地循环焊接，即每焊一点移过一片。为覆盖电枢线头，在同一升高片上的各焊点间距应尽量小，但也有只焊几点的，这主要是看其是否能满足导电截面积的要求。

被焊电枢由一台直流电机通过减速机构及电磁离合器带动旋转。焊枪和光电传感器装在可升降的工作台上，两者相对静止。程序控制接通以后，点焊机自动按顺序完成下列程序：

（1）接通氩气。

（2）接通高频引弧装置。

（3）接通电源电压，并使焊接电流保持稳定。

（4）高频引弧装置停止工作。

（5）将主电流减小进行焊口收口。

（6）收口电流截止。

（7）关闭氩气，至此一点焊完。

随工件的旋转，光电传感器每过一片升高片，发出一个信号；每焊一点，计数器计一数。当一圈焊完后，焊枪移到下一圈确定的位置，开始焊第二圈。第二圈焊完了，再焊第三圈，直到整台工件焊完。

3. 氩弧焊的工艺

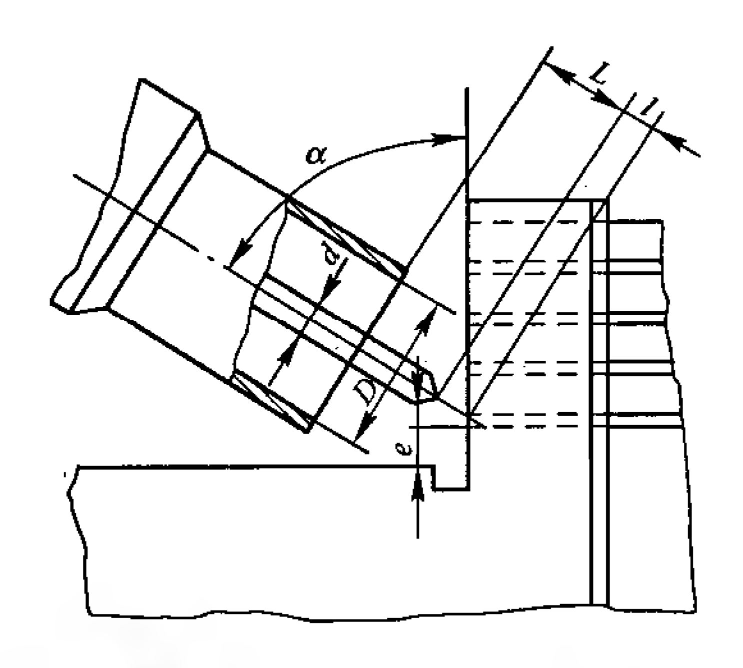
（1）焊接规范的选择

焊接电流、喷嘴内径、氩气流量、电极与熔池的相对线速度、电极伸出喷嘴口的长度，以及直流电机在设计时升高片槽底至换向器工作面应留的最小距离，如表5-18和图5-23所示。

表5-18 焊接工艺参数

焊接电流（A）	喷嘴内径（mm）	氩气流量（L/min）	电极与熔池的相对线速度（mm）	电极伸出喷嘴口的长度（mm）	升高片槽底至换向器工作面的最小距离（mm）
100～150	9	6～7	2	6～8	3
151～300	12	8～9	3.5	8～10	4
301～500	16	9～12	5	10～12	6

氩气流出的速度对焊接质量的影响较大。其流速过慢，则不能有效防止周围空气对电弧的作用，并会使焊缝出现各种缺陷；流速过快，会引起气体紊乱，把空气吸入电弧区域，从而破坏电弧的燃烧和焊缝的形成。



D—喷嘴直径;*l*—弧长;*d*—铈钨电极直径;
α—焊枪的倾斜度;*L*—电极伸出喷嘴口的长度;
e—电机设计时升高片槽底至换向器工作面应留的最小距离

图5-23 焊接工艺的参数示意图

表5-17所列的氩气流量数值是焊升高片中间部分的数值,在焊最里层的绕组导体时,需减少流量的20%~30%;在焊最外层的绕组导体时,氩气容易流失,故需增加流量的10%~20%。焊枪不能装得太斜,太斜会影响焊接质量,一般焊枪的倾斜角宜不小于60°。

工件有各种规格,焊接规范也各不相同。焊接时可先以手动按钮试焊数点,等焊点大小适当时,再切换到自动点焊位置。若从里层往外层焊时,因里层工件的起始温度低、导热好,需适当加长焊接时间。在焊接到最外层时,焊接时间要适当减短,否则将吹塌升高片的棱角。此问题在焊接小直流电机时很值得注意。

(2)工件状况对焊接质量的影响

因氩气没有脱氧去氢的作用,所以对焊接前的除油、去锈、去水等要求较严。工件的状况对焊接质量的影响很大。因为氩弧

焊对油脂、环氧树脂、松香之类的物质很敏感,若工件的焊接部位稍黏上一点这些物质时,就将给焊接带来严重的后果。因此,在电枢嵌线之前应用甲苯将绕组的端部、升高片槽部清洗干净。嵌线操作时手不能有油脂、汗水等污物,最好能戴上干净的手套嵌线。在热扎无纬带时,要避免环氧树脂漆的粘染,要先预扎钢丝,焊后再扎无纬带。

此外,焊接时不允许抽风或吹电风扇,要做好避风的遮避措施,最好是在无风区焊接。

(3) 焊接电流通路

主焊接电流和引弧电流通过电枢绕组和焊枪构成回路时,一方面电感大,高频引弧电流通不过;另一方面,它们会增加工件的发热和可能导致绕组击穿。因此,最好使焊接电流不通过绕组,而在焊接的换向片或换向器上加短路铜箍,使之与焊枪通过电刷构成回路。

(4) 电极材料

铈钨极比钍钨极更容易引弧,其电弧稳定性也较好。在相同的规范下,铈钨极的弧束较细长,光亮带较窄,温度更集中,而且其电极烧损率下降,修磨次数减少,使用寿命长。此外铈钨极与钍钨极相比含放射性元素较少。

(5) 钨电极的使用注意事项

① 防止粘染油脂和污秽。长期停止焊接时,最好拆下焊炬并包封保存。

② 保持适当的电流密度。电极小,电流过大时,电极头部的熔滴易落在焊缝上,而且电极消耗快。反之电极过大,电流过小时,电弧跳到电极的一边,会得到一种不稳定的电弧,产生一种不

均匀的焊接。

③ 不宜用折断的电极,因为在折断面会使电弧不集中、不稳定和引起过热。电极应在专用砂轮上磨,以免玷污。

④ 电极形状对焊接质量的影响很大,电极太尖则焊点容易出现凹坑。一般电极的尖端角磨成60°~120°角,顶尖为半球形。

⑤ 焊接完后不要马上关闭气流,应让电极在保护气体下冷却,从而防止电极头部氧化。被氧化的头部呈蓝、黑、灰或黄等颜色。

⑥ 手焊时,电极从焊炬喷嘴中的伸出部分不应过长,否则会造成电极消耗快,气体消耗量大。

⑦ 保持喷口的清洁,可提高电极的使用寿命。

⑧ 就立焊而言,电极与工件间的间隙以1.4~1.55cm为宜,间隙过大焊不上点;间隙过小则电极容易与工件发生黏连,使焊点组织松弛。

(6) 焊点起泡的原因

① 工件转动太快。工件转动时,焊枪喷出的保护气体流的空气阻力,使保护性能下降。如果工件转动太快,保护气体便偏向一边,使熔池暴露于空气之中。

② 风的影响。经验表明,很小的微风都会影响焊接质量,要得到良好的焊接质量,风速应为0.5m/s以下。因此,在焊接时不允许用电风扇吹风,并要做好风的遮避,最好在专门的焊接室内进行。

③ 喷嘴离升高片的距离大。喷嘴离升高片的距离大时,转速和风的影响都将增大,所以希望将此距离控制得小些。但距离太小时,会挡住视线,不便调整,喷嘴也容易过热烧损。

④ 喷嘴直径太小和氩气流量不足。在电机设计时要考虑安放喷嘴的位置,即升高片槽底至换向器工作面时应留有最小距

离,不能因位置不够而任意减小喷嘴的直径。喷嘴直径、氩气流量、焊接电流之间要有一定的关系。氩气流量太小,熔池的保护不良;氩气流量太大,会形成紊流而使空气卷入熔池。

4. 氩弧焊的利弊

(1) 氩弧焊与锡焊相比较,有如下的优点:

① 氩弧焊是借助于惰性气体的保护,直接将线头与升高片本身熔焊在一起的。实践表明用氩弧焊接的直流电机能克服用锡焊时所存在的缺点,即不存在焊料熔化、缩头和由此产生的一切故障。

② 氩弧焊是一种点状加热的焊接方法。焊接时的热高度集中于一点,而且时间短,焊一点只要数秒钟,所以热影响区小。它既能保证焊接处的力学、电气性能,又能保证片间绝缘不烧损,换向器变形小,表面硬度降低较小。

③ 采用氩弧焊时的接触电阻小,而且由于焊接非常均匀,各片焊接处的电阻值差不到1%,因此消除了由接触电阻不平衡而引起的换向不良。

④ 能适应绝缘材料的发展,满足F、H、C级绝缘的要求。

(2) 采用氩弧焊也有如下的缺点:

① 要有专用和较复杂的焊接设备,同时需用氩气或氮气作保护,这样提高了成本。

② 修理电枢时,必须车削去(或铲去)升高片端面的原有焊缝,才能取出线圈。因此要求电枢嵌线的过程必须细致,严格检查,避免中途产生故障,以致焊后又需车削去(或铲去)升高片焊缝来返修线圈。因每次车去焊缝时,必须将升高片宽度减少3mm,这样就等于减少了出厂后允许的大修次数,降低了直流电机的使用寿命。

5.5　直流电机常见故障的处理及拆装

直流电机的故障,分为机械和电气故障两大类。机械方面的故障大多发生在转子和轴承方面,电气方面的故障大多发生在绕组方面。有些故障的现象很相似,但产生的原因却不一样,只有对故障分析清楚,才可针对故障特点进行维修,以免维修时产生新的故障,影响电机的正常使用。

因此,当直流电机发生故障时,应迅速切断电源,停止运行,仔细观察所发生的故障现象并分析原因,采用合理可靠的维修方法。

5.5.1　直流电机的常见故障及处理方法

直流电机的常见故障及处理方法,如表5-19所示。

表5-19　直流电机的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
1. 发电机电压不能建立	(1) 剩磁消失 (2) 电动机的旋转方向不符合规定方向 (3) 励磁绕组接反 (4) 励磁绕组或磁场变阻器断路 (5) 换向器表面或电枢绕组有短路处 (6) 电刷接触不良 (7) 磁场回路电阻过大 (8) 励磁绕组出线端接错	(1) 用直流电通入并励绕组,并重新建立磁场 (2) 改变旋转方向 (3) 纠正接线 (4) 找出断路故障,予以排除 (5) 用毫伏表找出短路故障点后及时修理 (6) 增加弹簧压力,改善接触面 (7) 检查磁场变阻器和励磁绕组电阻的大小,并检查接触是否良好 (8) 按设计要求接线

续表

故障现象	产生原因	处理方法
2. 发电机电压过低	(1) 并励磁场绕组部分短路 (2) 电机的转速太低 (3) 电刷不在正常位置 (4) 转换片之间有导电体造成短路 (5) 换向极绕组接反 (6) 串励磁场绕组接反 (7) 电机过载	(1) 分别测量每个绕组的电组,修理或调换电阻特别低的绕组 (2) 提高电机转换达到额定转速 (3) 调整电刷 (4) 清除导电体 (5) 用指南针找出换向极的极性并纠正接线 (6) 改正接线 (7) 减少负载
3. 电刷下火花太大	(1) 电刷与换向器接触不良 (2) 各排电刷位置没有在相对的一直线上 (3) 电刷位置不在中性线上 (4) 刷握松动或装置不正 (5) 电刷与刷握配合太紧 (6) 电刷压力大小不当或不匀 (7) 电刷磨损过度 (8) 所用电刷牌号和尺寸不符合原电机要求 (9) 电刷分布不等分	(1) 重新研磨电刷,使电机在轻载下运转0.5~1h (2) 调整电刷 (3) 调整刷杆座或刷杆,可用感应法校得中性线位置 (4) 紧固或纠正刷握装置 (5) 按技术要求磨电刷 (6) 调整刷握弹簧压力或调换刷握 (7) 调换新电刷 (8) 按技术要求更换新电刷 (9) 校正电刷,使之等分

续表

故障现象	产生原因	处理方法
3. 电刷下火花太大	(10) 电刷之间的电流分布不均匀 (11) 刷杆或刷杆座接地 (12) 换向器表面有油污尘土 (13) 换向片间的云母凸出 (14) 换向器不圆或有个别换向片凸出 (15) 换向片间有短路 (16) 电机过载 (17) 电动机运行不平稳，发生振动 (18) 换向极绕组短路 (19) 换向极绕组接反 (20) 电枢线圈接线接错	(10) 找出原因，予以调整 (11) 找出接地点，做好绝缘处理 (12) 清洁或研磨换向器表面 (13) 换向器刻槽，倒角再研磨 (14) 重新车光、车圆换向器表面 (15) 找出短路点，予以修理 (16) 减轻负载 (17) 紧固地脚螺钉，校正电枢平衡 (18) 检查换向极，对短路处进行绝缘处理 (19) 纠正接线 (20) 纠正接线
4. 电动机不能启动	(1) 熔断器熔断 (2) 电源线断线或接触不良 (3) 负载过重 (4) 启动电流太小 (5) 电刷接触不良 (6) 励磁回路断路 (7) 电枢开路或短路	(1) 更换熔断体 (2) 找出故障点，予以修复 (3) 减轻负载 (4) 检查所用启动器是否合适 (5) 改善弹簧压力与接触面 (6) 更换绕组或找出断路位置，予以修复 (7) 找出故障点，予以修复

续表

故障现象	产生原因	处理方法
5. 电动机转速不正常	(1) 串励磁场绕组接反 (2) 电刷位置不在正常位置 (3) 电枢或磁场绕组短路 (4) 串励电动机轻载或空载运行 (5) 磁场线圈断路或接线接触不良 (6) 启动器接线接触不良或接错 (7) 励磁回路电阻过大 (8) 励磁绕组电阻太小	(1) 纠正接线 (2) 调整刷杆座位置 (3) 找出故障点,予以修复 (4) 增加负载 (5) 找出故障点,进行修复 (6) 及时检修 (7) 调换电阻 (8) 调换其中电阻特别低的线圈
6. 电枢冒烟	(1) 电机长期过载 (2) 换向片间云母击穿或有金属切屑落入其中 (3) 电枢线圈短路 (4) 发电机线路及负载有短路的地方 (5) 定子和转子铁芯相摩擦 (6) 电机直接启动或正反转过于频繁 (7) 电动机端电压过低	(1) 立即恢复正常负载 (2) 清扫及检修 (3) 找出短路故障点,予以修复 (4) 及时检修 (5) 检查电机气隙是否均匀,轴承是否磨损 (6) 选用适当的启动器,避免频繁的正、反转 (7) 恢复电压达到正常值

续表

故障现象	产生原因	处理方法
7. 磁场线圈过热	(1) 电机端电压长期超过额定值 (2) 并励磁场绕组电阻太小，电流太小或有部分短路 (3) 电机长期过载，串联绕组的电流太大	(1) 恢复额定电压值 (2) 调换其中电阻特别低的线圈 (3) 减少负载
8. 电机振动	(1) 电机的固定不牢固 (2) 电枢不平衡 (3) 轴头弯曲 (4) 机组与电机轴线不重合	(1) 加强基础的坚固性 (2) 校好电枢平衡 (3) 校直转轴 (4) 调整好机组轴线

5.5.2 直流电机换向不良时的现象及处理

直流电机的换向不良，主要表现为换向的火花增大，换向器表面烧伤，换向器表面氧化膜破坏，电刷镜面出现异常现象等。

1. 直流电机换向火花等级的划分

换向火花是直流电机换向性能好坏的标志。换向火花等级分为1，$1\frac{1}{4}$，$1\frac{1}{2}$，2，3级，如表5-20所示。并规定从空载(不允许空载的直流电机从$1\frac{1}{4}$负载开始变化)到额定负载的所有情况下，直流电机的火花等级应不超过$1\frac{1}{2}$级。在短时过电流或

短时过转矩时，火花应不超过 2 级。3 级火花仅在直接启动或逆转时瞬间，且换向器及电刷的状态仍能继续工作时允许出现。

表 5-20　直流电机的换向火花等级

火花等级	电刷下的火花程度	换向器及电刷的状态
1	无火花	换向器上没有黑痕及电刷上没有灼痕
$1\frac{1}{4}$	电刷边缘仅小部分（约 1/5 至 1/4 刷边长）有断续的点状火花	
$1\frac{1}{2}$	电刷边缘大部分（大于 1/2 刷边长）有连续的较稀的粒状火花	换向器上有黑痕，但不扩展，用汽油擦其表面即能除去，同时在电刷上有轻微灼痕
2	电刷边缘大部分或全部有连续的较密的粒状火花，开始有断续的舌状火花	换向器上有黑痕，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕。如短时出现这一级火花，换向器上不出现灼痕，电刷不烧焦或损坏
3	电刷整个边缘有强烈的舌状火花，伴有爆裂声音	换向器上黑痕较严重，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕。如在这一火花等级下短时运行，则换向器上将出现灼痕，同时电刷将被烧焦或损坏

2. 换向火花的状态

换向火花是衡量换向优劣的主要标准。换向火花的形状，通常可以分为点状火花、粒状火花、球状火花、舌状火花、爆鸣状火花、飞溅状火花和环火状火花。

其中的点状火花和颗粒状火花通常都稀疏地和较均匀地分布在电刷边缘上，基本上是无害火花，不会伤害换向器和电刷。舌状火花会损伤换向器和电刷，它只允许在动态时或过载时短时出现。其余的爆鸣状火花、飞溅状火花和球状火花对换向器和电刷损伤较严重，尤其是环火状火花，它的危害更大，会烧毁换向器，使电机遭受严重损害，此时应及时停止运转处理。

火花的颜色一般可分为蓝色、黄色、白色、红色和绿色。其中红色是电刷碳微粒灼热燃烧的颜色，绿色是换向片烧伤时铜离子的颜色，所以红色火花和绿色火花对换向器和电刷的伤害较大。机械性火花呈黄色，电气性火花通常呈蓝色。

总之，当换向不良时换向火花就会增大，要了解电机的换向情况，应经常仔细观察换向火花的状态和特征。

3. 换向器的表面状态

（1）烧痕现象，即在换向器表面出现的一些不能用汽油擦去的烧伤痕迹。如换向片倒角不良，片间云母突出时换向片棱边上将出现烧痕；当换向器研磨不良时，换向片中间可能出现烧痕；当换向极极性不对时，换向片可能全发黑等。

（2）节痕是在换向器工作表面出现的有规律的变色或损伤，常见的有：

① 槽距型节痕。所谓槽距型节痕就是以电枢槽每槽元件数

为间隔出现槽距的有规律的烧伤。出现槽距型节痕的原因一般是由于换向极偏强或偏弱所致,所以当出现槽距型节痕时应调整换向极。

② 极距型节痕。极距型节痕是换向片上出现的以极数或极对数为间隔的烧伤。产生极距型节痕的原因,一般是由于并头套开焊或线圈与升高片焊接不良造成的。

③ 重路数型节痕。重路数型节痕是指在换向片上出现的以重路数为间隔周期的烧伤。产生重路数型节痕的原因,一般是由于多重路绕组的不对称性引起的。

4. 电刷镜面出现异常

在电机换向正常时,电刷与换向器的接触面是光亮平滑的,所以通常称为“镜面”。当电机换向不良,换向火花较大时,电刷镜面就会出现雾状、麻点和灼痕。如果电刷材质中含有碳化硅或金刚砂之类的杂质时,镜面上就会呈现白色斑点或条痕。另外当周围空气湿度过大或存在酸性气体时,电刷镜面上会沉积一些细微的铜粉末,这种现象称为“镀铜”。当电刷发生镀铜时,氧化膜就可能破坏,使换向恶化。

5. 区别火花的方法

区分由电磁原因和机械原因造成的火花,通常有两种办法。

(1) 按火花特征区分

实践经验说明,机械性火花呈黄色,火星长,强度弱。当电机的工作状态和负载变化时,换向火花反应不敏感,增大电刷压力或降低电机转速时,机械性火花便随即减弱或消失。

电气性火花通常呈蓝色,当电机的工作状态和负载条件变化时,火花的大小和亮度也随之有明显的变化。

(2) 用绝缘电刷来区分

在电机运行时,电刷和换向器构成滑动接触的状态,其作用一是传导负载电流,二是使元件换向。由机械性原因产生火花的电刷与换向器之间的滑动接触不良时,无论是在传导负载电流,还是在进行元件换向的过程中,只要有负载电流通过,就会产生火花;而由电磁原因造成的火花,仅与换向过程有关。当电刷仅传导电流而不进行换向时产生的火花是与电磁原因无关的。根据这一原理,即可区分由电磁原因和机械原因造成的火花。方法如下:

使电机在一定负载电流和一定转速下运行,记录下某一刷架下电刷的换向火花的等级。然后停机,使该排电刷与刷架绝缘,并把电刷按数量平均分成两组。启动电机,使电机仍升至原来转速,利用其他直流电源或另一台直流发电机供电,使电流从其中一组电刷流入,并经过换向器,从另一组电刷流出,经负载后,再回到直流电源,调整直流电源电压或负载,使电刷下的电流密度仍达到记录火花等级时的电流密度,再观察火花情况。如这时没有再看到火花,说明火花是由电磁原因产生的;如火花等级保持不变,则说明火花是由机械原因造成的;如火花在等级上虽然有所减小,但仍然存在,则说明火花是由电磁原因和机械原因共同引起的。

5.5.3 直流电机的拆装

1. 整圆机座直流电机的拆卸

(1) 拆去电机的所有连线。

(2) 拆除电机的底脚螺栓。

（3）拆除与电机相连接的传动装置。

（4）拆去轴伸端的联轴器或带轮。

（5）拆去换向器端的轴承外盖；拆除换向器端的端盖螺钉。

（6）打开换向器端的视察窗，从刷盒中取出电刷，再拆下刷杆上的连接线。

（7）拆下换向器端的端盖，取出刷架。

（8）用纸板或白布把换向器包好。

（9）对于小型直流电机，可先把后端盖的固定螺栓松掉，用木锤敲击前轴端，有退端盖螺孔的用螺栓拧入螺孔，使端盖止口与机座脱开，把带有端盖的电机转子从定子内小心地抽出。

（10）对于中型直流电机，可将后端轴承盖拆下，再卸下后端盖。

（11）将电枢小心抽出，防止损伤绕组和换向器。

（12）如发现轴承有异常现象，可把轴承卸下。

2. 整圆机座直流电机定子的拆卸

（1）用内径千分尺测量磁极中心处的径向距离，主极内径为 D，换向极内径为 d，测量极间距离 H、h。

（2）记录下各电缆线的连接关系及各引出电缆线的标号及位置。

（3）用相应电压级的兆欧表检查定子绕组的绝缘状况，如发现有损坏的绕组，须做好记号以便更换。

（4）测定各磁极绕组的极性并做好记录。

（5）拆下连接电缆，松开磁极紧固螺栓，逐个取出绕组。

（6）记录下各磁极和机座间垫片的种类、厚度和数量。主极

垫片是用来调节转速的。换向极垫片分磁性(钢片)和非磁性(黄铜或塑料)垫片两种,分别用以调整换向极的第一和第二气隙。这些垫片在制造厂都已调整好,在重装时务必保持原样,以防定子重装后转速误差增大和换向火花变坏。

(7) 从磁极上取下线圈支撑、绝缘片、线圈,记录相对位置。

3. 整圆机座直流电机定子的装配

(1) 装配前将修理好的零部件清理干净,并将机座轴向立放,下面垫上木方。

(2) 主极、换向极装配:每只按拆卸时对应的零部件数量装在铁芯上。

(3) 将主极装在机座内:

① 按原对应位置,将装配好的主极用尼龙绳或外套橡胶管的细钢丝绳吊起,放入机座内部,用螺栓将主极固定在机座上,并初步紧固好。

② 在磁极与机座之间插入原有的磁极垫片,调整主极内径 D,并同时考虑到主极内径与机座止口的同轴度要求,或控制每个磁极中心位置与机座内壁的距离,使之相等。用工字尺校正每个磁极中心线与机座端面的垂直度误差,用短柄游标卡尺检查并调整主极间距离 L,以保证各极分布均匀,调整好后完全固紧螺栓。

(4) 将换向极装在机座内,其方法与要求和主极装配相似。

(5) 按拆卸时绘制的接线图(或该产品的定子接线图)装连接线,并包好绝缘。

(6) 检测:

① 极性检查是指将主极、换向极绕组分别通入 5% ~10% 的

额定电流,用指南针检查各极极性。顺着旋转方向的极性排列顺序,应符合表5-21的规定。

表5-21 主极、换向极的极性排列顺序(顺时针)

磁极排列	主极	换向极	主极	换向极	主极	换向极	主极	换向极
直流电动机	N	N′	S	S′	N	N′	S	S′
直流发电机	N	S′	S	N′	N	S′	S	N′

② 测量各磁极绕组的绝缘电阻,按规定耐压值的75%进行耐压试验。

4. 整圆机座直流电机的装配

(1) 清理零部件。

(2) 定子的装配。

(3) 装轴承内盖及热套轴承。

(4) 装刷架于前端盖内。

(5) 将转子装入定子内。

(6) 将刷架固定在端盖上的直流电机,按如下步序进行装配。

① 将带有刷架的端盖装到定子机座上。

② 将机座立放,机座在上,端盖在下,并将电刷从刷盒中取出来,吊挂在刷架外侧。

③ 将转子吊入定子内,使轴承进入端盖轴承孔。

(7) 装端盖及轴承外盖。

(8) 气隙的检查与调整。

(9) 将电刷放入刷盒内并压好。

(10) 研磨电刷并测量电刷压力。

(11) 装出线盒及接引出线。

(12) 装其余零部件。

(13) 调整刷架,使电刷在中性线上。

(14) 试验。

(15) 油漆。

5. 分半机座直流电机的拆装

分半机座直流电机都是大型直流电机。其定、转子重量大,拆装方法与大型座式轴承电机基本相同,但也有区别。其装配工艺过程如下。

(1) 定子装配。

(2) 在机坑上放底板。

(3) 分开上、下半定子,吊起下半定子放在底板上。

(4) 放轴承座,并将下半轴瓦放在轴承座上。

(5) 起吊电枢,放在两轴承座上。

(6) 调整轴瓦两边的轴向间隙,使其基本相等,并使电枢铁芯与主极铁芯磁中心位置对准。

(7) 刮研轴瓦。

(8) 起吊上半定子,并使它与下半定子吻合,用塞尺检查定子合缝面间隙,其值不应超过0.1mm。

(9) 接定子合缝处主极绕组的连接线。

(10) 调整气隙。

(11) 装刷杆座圈和调整刷握。

(12) 研磨电刷和找中性面。

(13) 接引出线。

（14）装端盖（或端罩）和其他附件。

分半机座直流电机的拆卸步骤，可逆装配工艺进行。

6. 分半机座直流电动机定子的拆卸

（1）用内径千分尺测量磁极中心处的径向距离，主极内径为 D，换向极内径为 d，测量极间距离 L、l，如图 5-2 所示。

（2）记下各电缆线的连接关系、各引出电缆的标号及位置。

（3）用相应电压级的兆欧表检查定子绕组的绝缘状况，如发现有损坏了的绕组，需做好记号以便更换。

（4）测定各磁极绕组的极性并做好记录。

（5）拆下连接电缆，松开磁极紧固螺栓，逐个取出绕组。

（6）记录下各磁极和机座间垫片的种类、厚度和数量。主极垫片是用来调节转速的。换向极垫片分磁性（钢片）和非磁性（黄铜或塑料）垫片两种，分别用以调整换向极的第一和第二气隙。这些垫片在制造厂都已调整好，在重装时一定要保持原样，以免定子重装后转速误差增大和换向火花变坏。

（7）从磁极上取下线圈支撑、绝缘片和线圈，记录相对位置。

7. 直流牵引电动机定子的装配

（1）装配前将修理好的零部件清理干净，并将机座轴向立放，下面垫上木方。

（2）主极、换向极装配：每只按拆卸时对应的零部件数量装在铁芯上。

（3）将主极装在机座内：

① 按原对应位置，将装配好的主极用尼龙绳或外套橡胶管的细钢丝绳吊起，放入机座内部，用螺栓将主极固定在机座上，并初步紧固好。

② 在磁极与机座之间插入原有的磁极垫片，调整主极内径 D，并同时考虑到主极内径与机座止口的同轴度要求，或控制每个磁极中心位置与机座内壁的距离，使其相等。用丁字尺校正每个磁极中心线与机座端面的垂直度误差，用内卡或短柄游标卡尺检查并调整主极间距离 L，以保证各极分布均匀，调整好后完全紧固螺栓。

对于大型直流牵引电动机而言，同一台上各个 L 的最大值和最小值之差应小于 2 ~ 3mm；中、小型直流牵引电动机为 1.2 ~ 1.6mm；同一台电动机中 L 的最大值和最小值之差应小于 1.2 ~ 1.5mm。如超出上述数值，则应松开磁极螺栓进行调整。

(4) 将换向极装在机座内，其方法与要求和主极装配相似。

(5) 按拆卸时绘制的接线图（或该产品的定子接线图）装连接线，并包好绝缘。

(6) 检测：

① 极性检查是指将主极、换向极绕组分别通入 5% ~ 10% 的额定电流，用指南针检查各极极性。顺着旋转方向的极性排列顺序应符合表 5-21 的规定。

② 测量各磁极绕组的绝缘电阻，按规定耐压值的 75% 进行耐压试验。

(7) 密封磁极螺栓沉孔。

(8) 各电缆线应可靠地绑扎，接头螺栓必须拧紧，最好采用弹簧垫圈防松，这比一般止退垫圈可靠。接头上需用云母带及玻璃丝带紧密包扎，并刷绝缘漆以防止松散。实践证明，不加填充泥包封便于下次拆开接头螺栓，并不影响连接可靠性。

(9) 机座内壁及线圈表面要擦拭干净，分别喷耐弧磁漆和表

面覆盖磁漆。磁极铁芯内圆表面刷防锈油,磁极螺栓的沉孔内要灌注沥青,以防止水分和潮气的浸入。

5.6 直流电机的使用与维护

1. 发电机的启动与停止

(1) 检查线路情况,将磁场变阻器调节到电阻的最大位置。

(2) 启动原动机,使其达到发电机的额定转速。

(3) 调节磁场变阻器,使电压升至一定值。

(4) 合上线路开关,逐渐增加发电机的负载;调节磁场变阻器,使电压保持在额定值。

(5) 停止时,逐渐解除发电机负载,同时调节磁场变阻器到断开位置。

(6) 切断电源开关。

(7) 停止原动机。

2. 电动机的启动和停机

(1) 检查线路情况(接线及测量仪表的连接等),检查启动器的弹簧是否灵活,转动臂是否在断开位置。

(2) 如是变速电动机,将调速器调到最低的转速位置。

(3) 合上线路开关,使电动机在负载下开动启动器,在每个触点上停留约2s,直到在最后一个触点上的转动臂被低压释放器吸住为止。

(4) 如是变速电动机,可调节调速器,直到转速达到需要的位置。

(5) 停止时,先将转速降到最低(对变速电动机而言)。

(6) 解除负载(除串励电机外)。

(7) 切断线路开关,此时启动器的转动臂应立即被弹簧拉到

断开位置。

3. 运行中的维护

直流电机应加强换向的维护。换向的维护是一件经常性和细致的工作,是电机长期安全运行的重要保证。

(1) 使用前应检查换向器表面是否光洁,如发现机械磨损或火花灼痕的情况,应及时处理。

(2) 应注意看:换向器的表面氧化膜颜色是否正常;电刷与换向器间有无火花;换向器表面有无炭粉和油垢积聚;刷架和刷握上是否有积灰。应视情况对它们进行及时清理。

(3) 电机在运行期间,应对换向情况做定期检查,每月不少于一次。使用条件差的电机要增加检查次数。在额定负载下换向火花应小于$1\frac{1}{2}$级。

(4) 时刻注意电机的电流和电压值,同时应避免超负荷。具有绝缘检查装置的直流系统,应定期检查其对地绝缘情况。

5.7 直流电机的技术数据

5.7.1 Z系列直流电机的技术数据

1. Z3系列一般用途的小型直流电动机的技术数据

Z3系列一般用途的小型直流电动机的技术数据如表5-22所示。

2. Z4系列直流电动机的技术数据

Z4系列直流电动机的技术数据如表5-23所示。

5.7.2 ZQ、ZQDR系列直流牵引电动机的技术数据

ZQ、ZQDR系列直流牵引电动机的技术数据如表5-24所示。

表 5-22　Z3 系列一般用途的小型直流电动机的技术数据(220V、1500r/min)

(一)

机座号	额定数据				电枢				槽尺寸							机座		
	功率	效率	电压	电流	外径	内径	长度	槽数								外径	内径	长度
	P_N (kW)	η (%)	U_N (V)	I_N (A)	D_a (cm)	D_{ia} (cm)	l_a (cm)	Z	b_s (mm)	h_s (mm)	l_0 (mm)	h_0 (mm)	h_1 (mm)	$2r_2$ (mm)	h_2 (mm)	D_j (cm)	D_{ij} (cm)	l_j (cm)
Z3-11	0.25	61.5	220	1.85	7	2	5.5	14	9.2	12.55	3	0.5	2	6.1	7	16.9	14.5	11
Z3-12	0.37	67	220	2.57	7	2	7.5	14	9.2	12.55	3	0.5	2	6.1	7	16.9	14.5	13.8
Z3-21	0.55	71	220	3.52	8.3	2.2	7	18	8.5	14.13	3	0.5	2	5.36	9	20.2	17	13.1
Z3-22	0.75	73.5	220	4.64	8.3	2.2	9.5	18	8.5	14.13	3	0.5	2	5.36	9	20.2	17	15
Z3-31	1.1	76.5	220	6.54	10.6	3.2	7	18	11.2	15.53	3	0.5	2	8.06	9	25	20.8	13.2
Z3-32	1.5	78.5	220	8.68	10.6	3.2	9.5	18	11.2	15.53	3	0.5	2	8.06	9	25	20.8	17

续表

机座号	额定数据				电枢				槽尺寸							机座		
	功率	效率	电压	电流	外径	内径	长度	槽数								外径	内径	长度
	P_N (kW)	η (%)	U_N (V)	I_N (A)	D_a (cm)	D_{ia} (cm)	l_a (cm)	Z	b_s (mm)	h_s (mm)	l_0 (mm)	h_0 (mm)	h_1 (mm)	$2r_2$ (mm)	h_2 (mm)	D_j (cm)	D_{ij} (cm)	l_j (cm)
Z3-33	2.2	81	220	12.6	10.6	3.2	13	18	11.2	15.53	3	0.5	2	8.06	9	25	20.8	19.5
Z3-41	3	80	220	17.0	12	4	9.5	25	8.1	20.55	3	0.5	2	4.1	16	26.8	24	16.8
Z3-42	4	81.5	220	22.3	12	4	12.5	25	8.1	20.55	3	0.5	2	4.1	16	26.8	24	20
Z3-51	5.5	82.5	220	30.3	13.8	4.5	10	27	8.3	22.55	3	0.5	2	4.1	18	31.7	28.5	18.5
Z3-52	7.5	83.5	220	40.8	13.8	4.5	13.5	27	8.3	22.55	3	0.5	2	4.1	18	31.7	28.5	22.3
Z3-61	10	84.5	220	53.8	16.2	5.5	12	31	7.9	25.8	3.5	0.6	2.2	3.6	21.2	36.2	32	25.2
Z3-62	13	85	220	69.5	16.2	5.5	16.5	31	7.9	25.8	3.5	0.6	2.2	3.6	21.2	36.2	32	29
Z3-71	17	86	220	89.8	19.5	6.0	12.5	31	6.3	24						42.5	37.5	27.5
Z3-72	22	86.5	220	115.7	19.5	6.0	16.5	29	7.1	24						42.5	37.5	30

续表

机座号	额定数据				电枢				槽尺寸							机座		
	功率	效率	电压	电流	外径	内径	长度	槽数								外径	内径	长度
	P_N (kW)	η (%)	U_N (V)	I_N (A)	D_a (cm)	D_{ia} (cm)	l_a (cm)	Z	b_s (mm)	h_s (mm)	l_0 (mm)	h_0 (mm)	h_1 (mm)	$2r_2$ (mm)	h_2 (mm)	D_j (cm)	D_{ij} (cm)	l_j (cm)
Z3-73	30	87	220	156.5	19.5	6.0	23.5	35	6.3	24						42.5	37.5	34.5
Z3-81	40	87.5	220	208	24.5	7.5	12.5	29	9.2	30						53.1	47	32
Z3-82	55	88	220	284	24.5	7.5	18	35	8.3	30						53.1	47	37.1
Z3-83	75	88.5	220	386	24.5	7.5	25	27	10.7	30						53.1	47	40.9
Z3-91	100	89.5	220	508	29.4	9.0	19	38	8	32						61.5	53.5	40.9
Z3-92	125	90	220	632	29.4	9.0	25.5	38	7.5	32						61.5	53.5	46
Z3-101	160	90.5	220	805	32.7	10.6	24.6	50	6.6	34						69.6	60	49
Z3-102	200	19	220	1 000	32.7	10.6	30	42	7.8	34						69.6	60	55

续表

（二）

机座号	主磁极						换向极						换向器		
	极数	极身宽	极身长	极弧系数	气隙	气隙系数	极数	极身宽	极身长	极靴长	气隙	气隙系数	直径	长度	片数
	$2p$	b_m (cm)	l_m (cm)	a_p	δ (mm)	k_δ	$2p_K$	b_{mK} (cm)	l_{mK} (cm)	l_{pK} (cm)	δ_K (mm)	$k_{\delta K}$	D_K (cm)	l_K (cm)	K
Z3-11	2	3	5.5	0.63	0.6	1.08	1	1.5	4.5	5.5	1.2	1.07	6	3.2	56
Z3-12	2	3	7.5	0.63	0.6	1.08	1	1.5	6	7.5	1.2	1.07	6	3.2	56
Z3-21	2	3.8	7	0.63	0.6	1.08	1	1.8	5.5	7	1.2	1.075	6	3.2	72
Z3-22	2	3.8	9.5	0.63	0.6	1.08	1	1.8	7.5	9.5	1.2	1.075	6	3.2	72
Z3-31	2	5.6	7	0.64	0.6	1.061	1	2.2	6	7	1.5	1.05	8.5	5	72
Z3-32	2	5.6	9.5	0.64	0.6	1.061	1	2.2	8.5	9.5	1.5	1.05	8.5	5	72
Z3-33	2	5.6	13	0.64	0.6	1.061	1	2.2	10.5	12	1.5	1.05	8.5	5	72
Z3-41	4	3.5	9.5	0.65	0.7	1.065	1	1.8	7.5	9	2	1.05	10	3.2	75
Z3-42	4	3.5	12.5	0.65	0.7	1.065	4	1.8	10	11.5	2	1.05	10	32	75
Z3-51	4	4.3	10	0.65	0.8	1.054	4	2	8	9.5	2	1.045	10	3.2	81
Z3-52	4	4.3	13.5	0.65	0.8	1.054	4	2	11	12.5	2	1.045	10	5	81
Z3-61	4	5.4	12	0.66	0.9	1.07	4	2	10.5	12	2.5	1.05	12.5	6	93

续表

机座号	主磁极						换向极						换向器		
	极数	极身宽	极身长	极弧系数	气隙	气隙系数	极数	极身宽	极身长	极靴长	气隙	气隙系数	直径	长度	片数
	$2p$	b_m (cm)	l_m (cm)	a_p	δ (mm)	k_δ	$2p_K$	b_{mK} (cm)	l_{mK} (cm)	l_{pK} (cm)	δ_K (mm)	$k_{\delta K}$	D_K (cm)	l_K (cm)	K
Z3-62	4	5.4	16.5	0.66	0.9	1.07	4	2	15	16.5	2.5	1.05	12.5	6	93
Z3-71	4	6.8	12.5	0.68	1	1.153	4	2.4	11	12.5	3	1.104	15	6	93
Z3-72	4	6.8	16.5	0.68	1	1.177	4	2.4	15	16.5	3	1.121	15	8	145
Z3-73	4	6.8	23.5	0.68	1	1.178	4	2.4	22	23.5	3	1.118	15	10	105
Z3-81	4	9	12.5	0.68	1.4	1.175	4	3.2	11.5	12.5	4	1.12	18	11.5	145
Z3-82	4	9	18	0.68	1.4	1.18	4	3.2	16.5	18	4	1.125	18	14.5	105
Z3-83	4	9	25	0.68	1.4	1.21	4	3.2	23.5	25	4	1.15	18	14.5	81
Z3-91	4	11.2	19	0.68	1.8	1.124	4	3.8	19	17.5	6	1.072	20	18	152
Z3-92	4	11.2	25.5	0.68	1.8	1.11	4	3.8	24	25.5	6	1.065	20	21.5	114
Z3-101	4	13	24.5	0.69	2	1.096	4	4.5	23.5	24.5	8	1.046	23	22	100
Z3-102	4	13	30	0.69	2	1.11	4	4.5	23.5	30	8	1.055	23	25.5	84

续表

（三）

机座号	换向极绕组			并励绕组			
	每极匝数	导线尺寸①	电阻	每极匝数	导线尺寸（QZL-1 漆包圆铝线）	电阻	励磁电流
	W_K（匝）	（mm）	$R_{K75℃}$（Ω）	W_f（匝）	（mm）	$R_{f75℃}$（Ω）	I_f（A）
Z3-11	554	ϕ0.83/ϕ0.86	6.75	3 600	ϕ0.33/ϕ0.35	732	0.271
Z3-12	410	ϕ0.96/ϕ0.99	4.11	3 660	ϕ0.35/ϕ0.37	790	0.265
Z3-21	352	ϕ1.25/ϕ1.29	2.22	3 400	ϕ0.28/ϕ0.40	620	0.335
Z3-22	264	ϕ1.35/ϕ1.39	1.76	2 900	ϕ0.41/ϕ0.43	530	0.396
Z3-31	263	ϕ1.74/ϕ1.79	1.06	3 650	ϕ0.44/ϕ0.46	592	0.356
Z3-32	215	ϕ1.88/ϕ1.93	0.825	3 500	ϕ0.41/ϕ0.43	725	0.297
Z3-33	148	1.35×3.28/1.46×3.39	0.439	2 600	ϕ0.53/ϕ0.55	394	0.512
Z3-41	70	1.25×4.1/1.36×4.22	0.488	1 440	ϕ0.62/ϕ0.65	217.5	0.94
Z3-42	52	1.68×4.1/1.8×4.22	0.325	1 360	ϕ0.72/ϕ0.75	185	1.15
Z3-51	51	1.81×5.1/1.93×5.32	0.208 5	1 300	ϕ0.77/ϕ0.80	139.7	1.50
Z3-52	41	2.1×5.9/2.23×6.03	0.154	1 100	ϕ0.83/ϕ0.86	121.1	1.66
Z3-61	37	2.63×6.4/2.76×6.53	0.105 5	1 200	ϕ0.86/ϕ0.89	122.3	1.74

续表

机座号	换向极绕组			并励绕组			
	每极匝数	导线尺寸①	电阻	每极匝数	导线尺寸（QZL-1 漆包圆铝线）	电阻	励磁电流
	W_K（匝）	（mm）	$R_{K75℃}$（Ω）	W_f（匝）	（mm）	$R_{f75℃}$（Ω）	I_f（A）
Z3-62	27	1.45×12.5	0.081 4	1 000	ϕ0.93/ϕ0.96	105.9	1.96
Z3-71	29	1.81×12.5	0.057 4	1 150	ϕ1.40/ϕ1.08	88	2.23
Z3-72	22	2.44×12.5	0.040 7	1 020	ϕ1.12/ϕ1.16	80.4	2.46
Z3-73	16	3.28×12.5	0.029 6	840	ϕ1.25/ϕ1.29	67.2	3
Z3-81	22	3.53×18	0.018 1	1 240	ϕ1.35/ϕ1.39	66.5	2.85
Z3-82	16	4.7×18	0.012 54	1 050	ϕ1.45/ϕ1.49	58.8	3.19
Z3-83	12	6×18	0.009 52	940	ϕ1.40/ϕ1.44	67.1	2.8
Z3-91	23	2~3.8×18	0.006 02	1 000	ϕ1.81/ϕ1.86	41	4.47
Z3-92	17	2~5.1×18	0.004 16	900	ϕ1.62/ϕ1.67	51.6	3.78
Z3-101	8	2~6×18	0.003 38	770	ϕ2.02/ϕ2.07	29.5	6.39
Z3-102	13	2~6.5×18	0.002 92	740	ϕ2.02/ϕ2.07	31.6	6.01

注：①11~32 用 QZL-1 漆包圆铝线；33~61 用 QZBL 漆包扁铝排；62~102 用裸扁铝排。

续表

（四）

机座号	串励绕组			电枢绕组						
	每极匝数	导线尺寸（裸铜线）	电阻	支路数	每元件匝数	每槽元件数	总导体数	导线尺寸（QZ或QZB漆包铜线）	电阻	槽满率
	W_s（匝）	（mm）	$R_{s75℃}$（Ω）	$2a$	W_a（匝）	u	N_a（根）	（mm）	$R_{a75℃}$（Ω）	k_{sf}（%）
Z3-11				2	28	4	3 136	ϕ0.41/ϕ0.47	19.2	81.2
Z3-12				2	31	4	2 352	ϕ0.47/ϕ0.53	12.4	77.8
Z3-21				2	$14\frac{1}{2}$	4	2 088	ϕ0.59/ϕ0.66	7.76	77.7
Z3-22				2	11	4	1 584	ϕ0.67/ϕ0.75	5.17	76.5
Z3-31				2	11	4	1 584	ϕ0.8/ϕ0.89	3.61	74.7
Z3-32				2	9	4	1 296	ϕ0.9/ϕ0.99	2.62	75.2
Z3-33				2	$6\frac{1}{4}$	4	900	ϕ1.08/ϕ1.19	1.45	75.9
Z3-41				2	$6\frac{1}{3}$	3	950	ϕ1.25/ϕ1.36	0.841	80.6
Z3-42				2	$4\frac{2}{3}$	3	700	ϕ1.45/ϕ1.56	0.530	79.5
Z3-51				2	$4\frac{1}{3}$	3	702	ϕ1.56/ϕ1.67	0.439	73.8

续表

机座号	串励绕组			电枢绕组						
	每极匝数	导线尺寸（裸铜线）	电阻	支路数	每元件匝数	每槽元件数	总导体数	导线尺寸（QZ或QZB漆包铜线）	电阻	槽满率
	W_s（匝）	（mm）	$R_{s75℃}$（Ω）	$2a$	W_a（匝）	u	N_a（根）	（mm）	$R_{a75℃}$（Ω）	k_{sf}（%）
Z3-52				2	$3\frac{1}{3}$	3	540	2～ϕ1.3/2～ϕ1.41	0.282	79.7
Z3-61				2	$2\frac{2}{3}$	3	496	2～ϕ1.5/2～ϕ1.61	0.198	79.7
Z3-62				2	2	3	372	2～ϕ1.68/2～ϕ1.79	0.139	74.2
Z3-71				2	2	3	372	2～1.45×4.4/2～1.57×4.53	0.113	
Z3-72				2	1	5	290	2～1×4.4/2～1.1×4.53	0.073 2	
Z3-73				2	1	3	210	2～1.45×4.4/2～1.57×4.53	0.043 3	
Z3-81	2	2.1×18	0.002 38	2	1	5	290	2～1.45×5.5/2～1.57×5.62	0.040 6	
Z3-82	2	2.83×18	0.002 14	2	1	3	210	2～2.1×5.5/2～2.23×5.62	0.023 1	
Z3-83	2	3.8×18	0.001 948	2	1	3	162	4～1.45×5.5/4～1.57×5.62	0.014 9	
Z3-91	1	5.5×18	0.000 603	4	1	4	304	2～1.56×5.9/2～1.68×6.02	0.011 9	
Z3-92	2	5.5×25	0.000 106	4	1	3	228	2～1.95×5.9/2～2.07×6.02	0.008 02	
Z3-101	1	7×25	0.000 424	8	1	2	400	2.26×6.4/2.39×6.53	0.000 59	
Z3-102	1	7×25	0.000 48	8	1	2	336	2～1.45×6.4/2～1.57×6.52	0.000 42	

续表

（五）

机座号	电刷		换向参数		转速调整率	效率	电负荷	热负荷	电流密度				
	尺寸	每杆刷数	电抗电动势	换向区占中性区					电枢	换向极	串励	并励	电刷
	$b_b \times l_b$ (mm^2)	N_b (块)	e_r (V)	(%)	Δ_n (%)	η (%)	A (A/cm)	AJ_a	J_a (A/mm^2)	J_K (A/mm^2)	J_s (A/mm^2)	J_f (A/mm^2)	J_b (A/mm^2)
Z3-11	8×16	1	1.46	51.8	20.2	61.7	110	642	5.83	2.87		3.48	1.2
Z3-12	8×16	1	1.54	51.8	18.6	67.8	120	778	6.48	3.18		2.89	1.8
Z3-21	8×16	1	1.37	45.5	14.6	71.1	128	752	5.86	2.61		3.22	2.5
Z3-22	8×16	1	1.35	45.5	12.4	73.8	129	773	6.0	3.18		3.14	3.3
Z3-31	10×12.5	2	1.61	43.9	10.3	76.5	148	918	6.2	2.61		2.44	2.5
Z3-32	10×12.5	2	1.83	43.9	3.74	78.9	162	1 055	6.52	2.98		2.30	3.3
Z3-33	10×12.5	2	1.66	43.9	5.73	81.5	162	1 061	6.55	2.85		2.52	4.8
Z3-41	10×12.5	1	1.49	86	8.2	80.5	202	1 312	6.52	3.26		3.35	6.4
Z3-42	10×12.5	1	1.34	86	7.0	83	195	1 245	6.29	3.19		2.93	8.4
Z3-51	10×12.5	1	1.50	82.4	6.9	82.7	234	1 770	7.55	3.24		3.38	11.6

续表

机座号	电刷		换向参数		转速调整率	效率	电负荷	热负荷	电流密度				
	尺寸	每杆刷数	电抗电动势	换向区占中性区					电枢	换向极	串励	并励	电刷
	$b_b \times l_b$ (mm^2)	N_b (块)	e_r (V)	(%)	Δ_n (%)	η (%)	A (A/cm)	AJ_a	J_a (A/mm^2)	J_K (A/mm^2)	J_s (A/mm^2)	J_f (A/mm^2)	J_b (A/mm^2)
Z3-52	10×12.5	2	1.54	82.4	5.5	84.3	243	1 785	7.35	3.29		3.36	7.8
Z3-61	12.5×16	2	1.35	78.5	3.35	85.5	255	1 885	7.40	3.21		3.00	6.6
Z3-62	12.5×16	2	1.02	78.5	3.06	86.7	248	1 900	7.66	3.80		2.89	8.5
Z3-71	12.5×16	2	1.46	77	3.85	86.1	267	1 930	7.23	3.93		2.95	11
Z3-72	12.5×16	3	0.83	82.8	5.92	87.6	269	1 870	6.95	3.79		2.79	9.4
Z3-73	12.5×16	4	1.12	72	7.68	88.6	264	1 674	6.35	3.81		2.45	9.7
Z3-81	16×25	3	1.21	84.8	3.63	88.3	385	2 565	6.66	3.25	5.48	1.99	8.5
Z3-82	16×25	4	1.57	74	3.82	89.7	385	2 460	6.40	3.37	5.58	1.93	8.8
Z3-83	16×25	4	1.94	85.2	6.13	90.8	402	2 495	6.22	3.56	5.62	1.81	11.9
Z3-91	20×32	4	1.90	80.8	0.8	90.7	414	2 930	7.06	3.70	5.13	1.74	9.8
Z3-92	20×32	5	2.24	78.1	8.8	91.6	388	2 722	7.02	3.45	4.60	1.83	9.8
Z3-101	25×32	5	2.33	70.5	2.63	91.3	388	2 780	7.16	2.72	4.58	2.00	9.9
Z3-102	25×32	6	2.82	75.4	3.6	92.2	406	2 810	6.92	4.27	5.70	1.88	9.5

续表

（六）

机座号	磁负荷								材料质量			电机总质量
	每极磁通	气隙磁密	电枢齿磁密	电枢轭磁密	主磁极磁密	机座磁密	总磁动势	电枢反应去磁安匝	电枢铜质量	换向器铜质量	定子铜质量	
	$\Phi\times10^6$（MX）	B_δ 1×10^{-4}T	B_{ia} 1×10^{-4}T	B_{ja} 1×10^{-4}T	B_m 1×10^{-4}T	B_j 1×10^{-4}T	$\sum F$（安匝）	F_{aqd}（安匝）	G_{cua}（kg）	（kg）	（kg）	（kg）
Z3-11	0.226	5 950	18 570	16 220	16 220	9 950	900	74	0.58	0.59	0.61	25
Z3-12	0.306	5 880	18 320	16 100	16 100	11 280	883	87	0.64	0.59	0.78	28
Z3-21	0.356	6 190	18 700	15 800	15 900	9 750	1 020	120	0.86	0.97	0.93	30
Z3-22	0.477	6 110	18 450	15 540	15 640	11 440	1 020	120	1.11	0.97	1.01	35
Z3-31	0.476	6 400	19 600	15 850	14 400	9 800	1 080	220	1.57	1.88	1.62	54
Z3-32	0.585	5 770	17 700	14 400	13 050	9 370	850	190	1.9	1.86	1.56	62
Z3-33	0.869	6 260	19 200	15 600	14 120	12 200	1 110	220	2.1	1.86	2.25	72
Z3-41	0.414	7 120	18 050	11 500	15 150	10 400	1 232	120	2.18	1.25	2.64	73
Z3-42	0.572	7 470	18 920	12 100	15 880	12 050	1 456	102	2.48	1.25	3.73	81
Z3-51	0.568	8 060	19 180	12 300	16 100	11 320	1 764	184	2.75	1.22	3.91	94

续表

机座号	磁负荷								材料质量			电机总质量
	每极磁通	气隙磁密	电枢齿磁密	电枢轭磁密	主磁极磁密	机座磁密	总磁动势	电枢反应去磁安匝	电枢铜质量	换向器铜质量	定子铜质量	
	$\Phi\times10^6$ (MX)	B_δ 1×10^{-4}T	B_{ia} 1×10^{-4}T	B_{ja} 1×10^{-4}T	B_m 1×10^{-4}T	B_j 1×10^{-4}T	$\sum F$ (安匝)	F_{aqd} (安匝)	G_{cua} (kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Z3-52	0.745	7 830	18 630	11 920	15 610	12 320	1 643	203	3.58	1.90	4.76	111
Z3-61	0.815	8 080	18 180	12 900	15 900	9 250	1 800	290	4.27	3.84	5.59	164
Z3-62	1.090	7 860	17 550	12 540	15 460	10 800	1 667	290	4.70	3.84	6.20	192
Z3-71	1.091	8 380	17 410	14 010	16 200	9 500	2 140	420	7.52	4.86	7.68	230
Z3-72	1.409	8 180	17 600	13 710	15 880	11 260	2 110	290	8.83	6.14	9.48	265
Z3-73	1.960	8 000	18 050	13 390	15 510	13 630	2 180	350	10.72	7.66	12.5	325
Z3-81	1.417	8 650	18 950	15 650	15 880	8 720	3 163	780	17.2	13.1	17.4	450
Z3-82	1.972	8 360	19 560	15 100	15 350	10 460	3 133	780	20.3	16.5	20.6	540
Z3-83	2.57	7 840	18 260	14 180	14 400	12 330	2 731	650	25.4	19.9	22.4	630
Z3-91	2.75	9 230	18 900	14 100	16 320	10 100	3 975	1000	27.2	33.9	31.7	840
Z3-92	3.68	9 200	18 100	14 030	16 300	12 000	3 854	800	28.9	40.5	29.8	965
Z3-101	4.20	9 680	19 270	14 900	16 650	10 720	4 755	960	33	50.2	38.0	1 300
Z3-102	5.02	9 450	18 760	14 540	16 380	11 400	4 440	1 000	39	57	36.6	1 435

表 5-23　Z4 系列直流电动机的技术数据

型　号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	外接电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(mH)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-100-1	2.2	1 490	3 000	17.9	315	1.19	11.2	22	15	67.8	0.044	72
	1.5	955	2 000	13.3		2.17	21.4	13	15	58.5		
	4	2 630	4 000	12		2.82	26	18		78.9		
	4	2 960	4 000	10.7						80.1		
	2	1 310	3 000	6.6		9.12	86	18		68.4		
	2.2	1 480	3 000	6.5						70.6		
	1.4	860	2 000	5.1		16.76	163	18		60.3		
	1.5	990	2 000	4.77						63.2		
Z4-112/2-1	3	1 540	3 000	24	320	0.785	7.1	14	20	69.1	0.072	100
	2.2	975	2 000	19.6		1.498	14.1	13	20	62.1		
	5.5	2 630	4 000	16.4		1.933	17.9	17		79.9		
	5.5	2 940	4 000	14.7						81.1		
	2.8	1 340	3 000	9.1		6	59	17		71.2		
	3	1 500	3 000	8.6						72.8		
	1.9	855	2 000	6.9		11.67	110	13		61.1		
	2.2	965	2 000	7.1						63.5		

续表

型　号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	外接电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(mH)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-112/2-2	4	1 450	3 000	31.3	350	0.567	6.2	14	12	72.6	0.088	107
	3	1 070	2 000	24.8		0.934	10.3	14	10	66.8		
	7	2 660	4 000	20.4		1.305	14	19		82.4		
	7.5	2 980	4 000	19.7						83.5		
	3.7	1 320	3 000	11.7		4.24	48.5	19		74.1		
	4	1 500	3 000	11.2						76		
	2.6	895	2 000	9		7.62	83	14		65.1		
	3	1 010	2 000	9.1						67.3		
Z4-112/4-1	5.5	1 520	3 000	42.5	500	0.38	3.85	6.8	6.5	73	0.128	106
	4	990	2 000	33.7		0.741	7.7	6.7	4.5	64.9		
	10	2 680	4 000	29		0.89	9	6.8		82.7		
	11	2 950	4 000	28.8						83.3		
	5	1 340	2 200	15.7		3.01	30.5	6.8		74.3		
	5.5	1 480	2 200	15.4						75.7		
	3.7	855	1 400	13		5.78	60	6.7		65.2		
	4	980	1 400	12.2						68.7		
Z4-112/4-2	5.5	1 090	2 000	43.5	570	0.441	5.1	7.8	6	69.5	0.156	114

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m^2)	(kg)
Z4-112/4-2	13	2740	4 000	37	570	0.574	6.4	5.8	84.4	0.156	114
	15	3 035	4 000	38.6					85.4		
	6.7	1 330	2 200	20.6		2.12	24.1	7.8	76.8		
	7.5	1 480	2 200	20.6					78.4		
	5	955	1 500	16.1		3.46	40.5	5.8	71.1		
	5.5	1 025	1 500	15.7					71.9		
Z4-132-1	18.5	2 610	4 000	52.2	650	0.368	5.3	6.5	85	0.32	140
	18.5	2 850	4 000	47.1					85.9		
	10	1 330	2 400	30.1		1.309	18.9	8.9	79.4		
	11	1 480	2 500	29.6					80.9		
	7	865	1 600	22.7		2.56	37.5	6.3	71.9		
	7.5	975	1 600	21.4					74.5		
Z4-132-2	20	2 800	3 600	55.4	730	0.226	3.65	10	87.8	0.4	160
	22	3 090	3 600	55.3					88.3		
	15	1 360	2 500	44.5		0.811	13.5	7.7	81.2		
	15	1 510	2 500	39.5					83.4		
	10	905	1 600	31.1		1.565	26	6	75.6		
	11	995	1 600	30.5					77.7		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-132-3	27	2 720	3 600	74.5	800	0.190 5	3.4	21	88.2	0.48	180
	30	3 000	3 600	75					88.6		
	18.5	1 390	2 800	53.2		0.531	9.8	6.6	83.6		
	18.5	1 540	3 000	47.6					84.7		
	15.5	945	1 600	40.5		0.976	19.4	6.5	79.4		
	15	1 050	1 600	40.5					80.5		
Z4-160-11	33	2 710	3 500	93.4	820	0.183 5	3.15	10	87.4	0.64	220
	37	3 000							88.5		
	19.5	1 350	3 000	58.8		0.593	10.4	7.7	80.4		
	22	1 500							82.6		
Z4-160-$^{22}_{21}$	40.5	2 710	3 500	113	920	0.142 6	2.7	10	88.2	0.76	242
	45	3 000							89.1		
	16.5	900	2 000	50.5		0.862	17.7	6	77.9		
	18.5	1 000							79.4		

续表

型号	额定功率	额定转速		弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)		(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
32	49.5	2 710		3 500	137	1 050	0.097	2.07	11	89.1	0.88	268
	55		3 010							90.2		
Z4-160-31	27	1 350		3 000	77.8		0.376	8.3	10	84.7		
	30		1 500							85.7		
	19.5	900		2 000	59.1		0.675	15.2	6.3	79.1		
31	22		1 000							81.7		
Z4-180-11	33	1 350		3 000	95.5	1 200	0.29	5.8	7.1	84.7	1.52	326
	37		1 500							86.5		
	16.5	670		1 900	51.4		0.947	17.6	5.6	75.5		
	18.5		750							78.1		
	13	540		2 000	42.4		1.264	25	5.6	73		
	15		600							74.1		
22	67	2 710		3 400	185	1 400	0.055 5	1.16	6.9	89.5	1.72	350
Z4-180-	75		3 000							90.7		
	40.5	1 350		2 800	115		0.212 5	4.65	6.6	85.8		
21	45		1 500							87		

续表

型号	额定功率	额定转速		弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)		(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
21	27	900		2 000	78.7	1 400	0.419	9.3	7.3	82.2	1.72	350
	30		1 000							83.7		
Z4-180-21	19.5	670		1 400	60.3		0.756	15.7	7.1	77.3		
	22		750							79.7		
21	16.5	540		1 600	52		1.003	21.9	5	73.8		
	18.5		600							76.8		
Z4-180-31	33	900		2 000	96.6	1 500	0.332	7.7	6.6	82.8	1.92	380
	37		1 000							83.6		
	19.5	540		1 250	61.8		0.801	19	6.6	74.8		
	22		600							76.6		
42	81	2 710		3 200	221	1 700	0.051	1.16	12	91	2.2	410
	90		3 000							91.3		
Z4-180-41	50	1 350		3 000	139		0.141 7	3.2	5.7	87.5		
	55		1 500							87.7		
41	27	670		2 250	79.5		0.459	10.4	6.3	80.4		
	30		750							81.1		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定转速 (r/min)	弱磁转速 (r/min)	电枢电流 (A)	励磁功率 (W)	电枢回路电阻 (Ω)(20℃)	电枢回路电感 (mH)	磁场电感 (H)	效率 (%)	惯量矩 (kg·m²)	质量 (kg)
Z4-200-12	99	2 710	3 000	271	1 400	0.037 3	0.83	7.62	90.2	3.68	485
	110	3 000							91.6		
Z4-200-11	40.5	900	2 000	118		0.265 3	8.4	7.01	83.4		
	45	1 000							85.5		
Z4-200-11	33	670	2 000	99		0.369	10.6	7.77	80.9		
	37	750							83.5		
Z4-200-11	19.5	450	1 350	63.5		0.93	21.9	7.3	73.5		
	22	500							78.6		
Z4-200-21	67	1 350	3 000	188	1 500	0.088 5	2.8	6.78	88.7	4.2	530
	75	1 500							89.6		
Z4-200-21	27	540	1 000	82		0.535	14	9.64	78.8		
	30	600							80.4		
Z4-200-32	119	2 710	3 200	322	1 750	0.026 6	0.79	10.9	91.7	4.8	580
	132	3 000							92.4		
Z4-200-31	81	1 350	2 800	224		0.077 1	2.6	5.61	88.7		
	90	1 500							90		
Z4-200-31	49.5	900	2 000	141		0.175 1	4.8	8.54	85.6		
	55	1 000							87.1		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg · m²)	(kg)
31	40.5	670	1 400	119	1750	0.283	8.5	8.35	82.5	4.8	580
	45	750							84.1		
Z4-200-31	33	540	1 600	101		0.42	12.2	8.42	79.6		
	37	600							82		
31	27	450	750	83.5		0.598	17.1	8.4	77.5		
	30	500							79.5		
Z4-225-11	99	1 360	3 000	276	2 300	0.066 4	2.1	4.45	87.9	5	680
	110	1 500							89.4		
	67	900	2 000	193		0.140 6	4.9	4.28	84.4		
	75	1 000							86.5		
	49	680	1 600	146		0.243 3	8.7	5.77	81.2		
	55	750							84		
	40	540	1 800	123		0.356	9.5	6.38	78.2		
	45	600							80.8		
	33	450	1 600	103		0.476	15.2	6.10	76.5		
	37	500							78.8		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg · m²)	(kg)
Z4-225-21	49	540	1 200	148	2 470	0.246 8	9.5	4.14	79.3	5.6	740
	55	600							82.4		
	40	450	1 400	125		0.397	13.7	5.41	76.6		
	45	500							78.9		
Z4-225-31	119	1 360	2 400	327	2 580	0.045 4	1.5	5.33	89.3	6.2	800
	132	1 500							90.5		
	81	900	2 000	227		0.093	3.4	5.3	86.9		
	90	1 000							88		
	67	680	2 250	197		0.167	5.1	5.44	82.5		
	75	750							85.1		
Z4-250-12	144	1 360	2 100	399	2 500	0.044 4	1.3	4.29	88.8	8.8	890
	160	1 500							89.9		
Z4-250-11	99	900	2 000	281		0.091 1	2.4	4.55	86.2		
	110	1 000							88.1		

续表

型　号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-250-21	167	1 360	2 200	459	2 750	0.0325	0.91	4.28	89.8	10	970
	185	1 500							90.5		
	81	680	2 250	234		0.130 6	3.9	5.41	84.3		
	90	750							86.3		
	67	540	2 000	202		0.198	4.4	4.4	80.5		
	75	600							84.1		
	49	450	1 000	150		0.294	7.9	5.44	78.4		
	55	500							82.2		
Z4-250-31	180	1 360	2 400	493	2 850	0.028 1	0.87	5.32	90.4	11.2	1 070
	200	1 500							91.5		
	119	900	2 000	334		0.066 8	1.7	5.46	87.4		
	132	1 000							89.1		
	99	680	1 900	283		0.098 7	2.8	5.58	85.3		
	110	750							86.9		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-250-41	198	1 360	2 400	539	3 000	0.023 7	0.93	6.19	91	12.8	1 180
	220	1 500							91.7		
Z4-250-42	144	900	2 000	401		0.048 5	1.9	4.53	88.3		
	160	1 000							89.4		
Z4-250-41	81	540	2 000	236		0.141	4.7	6.36	83.4		
	90	600							85		
Z4-250-41	67	450	1 900	201		0.195	5.1	4.97	80		
	75	500							83.5		
Z4-280-11	226	1 355	2 000	614	3 100	0.021 34	0.69	4.58	90.9	16.4	1 280
	250	1 500							91.6		
Z4-280-22	253	1 355	1 800	684	3 500	0.017 96	0.77	5.3	91.5	18.4	1 400
	280	1 500							92.1		
Z4-280-21	180	900	2 000	498		0.037 3	1.2	4.46	89.1		
	200	1 000							90.1		
Z4-280-21	119	675	1 600	333		0.066 2	2.3	4.37	87.1		
	132	750							88.6		
Z4-280-21	99	540	1 500	281		0.093	3.1	4.57	85.3		
	110	600							86.6		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定转速 (r/min)	弱磁转速 (r/min)	电枢电流 (A)	励磁功率 (W)	电枢回路电阻 (Ω)(20℃)	电枢回路电感 (mH)	磁场电感 (H)	效率 (%)	惯量矩 (kg·m²)	质量 (kg)
32	284	1 360	1 800	768	3 600	0.014 93	0.59	6.94	91.7	21.2	1 550
	315	1 500							92.6		
31	198	900	2 000	545		0.031 4	1.1	5.54	89.7		
	220	1 000							90.6		
Z4-280-32	144	675	1 700	402		0.053 2	2	5.47	87.8		
	160	750							89.1		
31	118	540	1 200	339		0.083 9	2.6	5.77	85.4		
	132	600							86.8		
31	80	450	1 800	234		0.137 7	5.3	9.03	84.1		
	90	500							85.4		
42	321	1 360	1 800	863	4 000	0.013 36	0.77	5.67	92.1	24	1 700
	355	1 500							92.6		
Z4-280-42	225	900	1 800	616		0.025 45	0.96	5.29	90.2		
Z4-280-41	250	1 000							91.1		
41	166	675	1 900	464		0.045 7	1.7	5.19	88.1		
	185	750							89.4		
41	98	450	1 200	282		0.099 3	3.7	6.86	85.1		
	110	500							86.9		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-315-12	253	900	1 600	690	3 850	0.235 5	0.46	5.06	90.4	21.2	1 890
	280	1 000							91.6		
	180	680	1 900	500		0.043 71	0.83	4.97	88.4		
	200	750							89.4		
Z4-315-11	144	540	1 900	409		0.069 19	1.3	7.6	86.4		
	160	600							87.4		
	118	450	1 600	344		0.1	2.3	9.43	84.4		
	132	500							86.3		
	98	360	1 200	294		0.141 5	2.9	9.96	81.7		
	110	400							84.3		
Z4-315-22	284	900	1 600	772	4 350	0.020 34	0.49	5.91	91	24	2 080
	315	1 000							91.5		
	225	680	1 600	624		0.033 92	0.74	18.8	88.7		
	250	750							89.6		
Z4-315-21	166	540	1 600	468		0.053 82	1.2	25	87.2		
	185	600							88.5		
	143	450	1 500	413		0.076	1.5	19	84.7		
	160	500							86		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m^2)	(kg)
Z4-315-32	320	900	1 600	867	4 650	0.016 58	0.39	23.1	91.3	27.2	2 290
	355	1 000							92.3		
	252	680	1 600	698		0.030 43	0.82	21.5	89.1		
	280	750							89.8		
	180	540	1 500	501		0.045 36	0.95	31.6	88.2		
	200	600							89.4		
Z4-315-31	118	360	1 200	344		0.100 2	2.1	23.3	83.2		
	132	400							85.3		
Z4-315-42	361	900	1 600	971	5 200	0.013 02	0.33	29	92.1	30.8	2 520
	400	1 000							92.7		
	284	680	1 600	778		0.023 64	0.67	20.8	90		
	315	750							90.7		
	225	540	1 600	626		0.035 54	0.87	21.9	88.3		
	250	600							89		
Z4-315-41	166	450	1 500	468		0.055	1.4	37.4	87.3		
	185	500							88.3		
	143	360	1 200	416		0.080 3	1.8	22.2	84		
	160	400							85.3		

续表

型号	额定功率	额定转速	弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)	(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-315-12	406	900	1 500	1 094	5 400	0.012 59	0.36	37.6	91.8	42	2 890
	450	1 000							92.8		
	321	680	1 500	877		0.020 87	0.59	28.1	90.4		
	355	750							91.2		
Z4-355-11	253	540	1 600	697		0.029 52	0.91	22	89.2		
	280	600							90.2		
	180	450	1 500	506		0.050 2	1.5	8.91	87.6		
	200	500							88.9		
	166	360	1 200	478		0.066	1.8	22.4	84.9		
	185	400							85.9		
Z4-355-22	361	680	1 600	978	5 900	0.015 83	0.44	15.6	90.8	46	3 170
	400	750							91.7		
	284	540	1 500	783		0.026 76	0.81	34.7	89.5		
	315	600							90.5		
	225	450	1 600	624		0.034 62	1.0	20.5	88.4		
	250	500							89.5		
Z4-355-21	180	360	1 200	511		0.056 42	1.6	35.5	86.3		
	200	400							87.5		

续表

型号	额定功率	额定转速		弱磁转速	电枢电流	励磁功率	电枢回路电阻	电枢回路电感	磁场电感	效率	惯量矩	质量
	(kW)	(r/min)		(r/min)	(A)	(W)	(Ω)(20℃)	(mH)	(H)	(%)	(kg·m²)	(kg)
Z4-355-32	406	680		1 500	1 098	6 200	0.013 62	0.39	19	91.3	52	3 490
	450		750							92.1		
	320	540		1 600	877		0.021 53	0.7	24.3	89.9		
	355		600							91		
	284	450		1 500	789		0.029 3	0.91	18.5	88.3		
	315		500							89.5		
Z4-355-31	197	360		1 200	559		0.049 57	1.3	34.6	86.6		
	220		400							88.4		
Z4-355-42	361	540		1 600	985	6 700	0.018 36	0.64	29.6	90.5	60	3 840
	400		600							91.2		
	320	450		1 600	882		0.023 61	0.76	17.7	88.9		
	355		500							89.2		
	225	360		1 200	627		0.035 8	1.2	17.7	87.5		
	250		400							88.8		

表5-24 ZQ、ZQDR系列直流牵引电动机的技术数据

名称		单位	ZQ-2B	ZQ-4B	ZQ-8B	ZQ-11B
铭牌	额定电压	V	52	48	82	120
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	2.4	3.5	8	11
	额定电流	A	60	105	116	112
	额定转矩	N·m	23.8	35	66.1	290
	额定转速	r/min	985	960	1 180	370
	最大工作转速	r/min		2 400	1 800	1 400
	额定效率	%	78.4	69	82.7	81.8
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		B/B	B/B	B/B	B/B
电枢	电枢直径	mm	162	153	162	335
	铁芯长度	mm	55	137	140	77
	槽数	个	31	35	31	43
	冲片槽尺寸	mm	6.5×21.2	5.5×17.4	6.5×21.2	8.95×35.8
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波
	每元件匝数		2	1	1	2
	绕组线规	mm	1.45×4.1	1.56×6.4	1.45×4.1	1.81×6.9

续表

名称		单位	ZQ-2B	ZQ-4B	ZQ-8B	ZQ-11B
换向器及电刷	换向器直径	mm	132	116	132	290
	换向片数		93	69	93	129
	片间云母厚	mm	0.8	0.8	0.8	0.8
	梯形铜排尺寸	mm		6.2×42	4.87×44	7.02×49
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)		5°13′12″	3°52′16″	2°47′26″
	刷握数×电刷数		4×1	4×1	4×2	4×1
	电刷型号及尺寸	mm	D252 10×25	M3 12.5×25	D374B 10×25	D374B 20×50
定子	主极/换向极数		4/0	4/0	4/0	4/0
	主极匝数		25.5	12	22.5	46
	主极绕组线规	mm	4.1×4.7	2(2.83×6.4)	3.53×9.3	1.68×22
	换向极匝数					
	换向极绕组线规	mm				
气隙	主极中心/边缘气隙	mm		1	1	2
	换向极一、二气隙	mm				
轴承	传动端轴承			207	32207	32413
	非传动端轴承			207	207	310

续表

名称		单位	ZQ-15B	ZQ-3	ZQ-4-2	ZQ-7
铭牌	额定电压	V	130	250	100	250
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	15	3.3	3.5	6.5
	额定电流	A	136	16.5	45	31
	额定转矩	N·m	138	26.8	36.2	53.5
	额定转速	r/min	1 060	1 200	960	1 186
	最大工作转速	r/min	2 230	2 400	2 400	2 380
	额定效率	%	86	80	77.7	84.4
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		B/B	B/B	B/B	B/B
电枢	电枢直径	mm	245	162	153	162
	铁芯长度	mm	105	70	137	140
	槽数	个	41	31	35	31
	冲片槽尺寸	mm	6.5×22.8	5.7×23	5.5×17.4	5.7×23
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波
	每元件匝数		1	6	2	3
	绕组线规	mm	2(1.4×4.25)	ϕ1.25	1.56×2.83	1.62×2.83

续表

名称		单位	ZQ-15B	ZQ-3	ZQ-4-2	ZQ-7
换向器及电刷	换向器直径	mm	200	130	116	130
	换向片数		123	93	69	93
	片间云母厚	mm	1	0.8	0.8	0.8
	梯形铜排尺寸	mm	5.41×59	4.87×44	6.2×42	4.87×44
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	2°55′37″	3°52′16″	5°13′2″	3°52′16″
	刷握数×电刷数		2×2	2×1	2×2	2×1
	电刷型号及尺寸	mm	D374B 16×32	D374B 10×25	M3 12.5×25	D252 10×25
定子	主极/换向极数		4/3	4/0	4/0	4/4
	主极匝数		23	96.5	28	72.5
	主极绕组线规	mm	2(1.8×11.2)	1.25×4.4	2.26×6.9	2.44×4.1
	换向极匝数		18	87.5		40.5
	换向极绕组线规	mm	2(1.8×11.2)	1.25×4.4		2.44×4.1
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	1.5	1	1	1
	换向极一、二气隙	mm	1.8	1.7		1.7
轴承	传动端轴承		32 313	32 207	207	32 207
	非传动端轴承		92 310	207	207	207

续表

名称		单位	ZQ-12	ZQ-12A	ZQ-8	ZQ-18-1
铭牌	额定电压	V	250	250	250	550
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	12.2	12.2	18	18
	额定电流	A	58	59.5	82	37.5
	额定转矩	N·m	247.6	247.6	128	128.6
	额定转速	r/min	480	480	1 365	1 365
	最大工作转速	r/min	1 400	1 400	2 870	2 870
	额定效率	%	84.1	82	89	88.7
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		B/B	B/B	B/B	B/B
电枢	电枢直径	mm	335	335	245	245
	铁芯长度	mm	80	68	92	120
	槽数	个	43	37	41	41
	冲片槽尺寸	mm	8.75×35.6	12.8×36.5	7.7×25.7	6.1×22.4
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波
	每元件匝数		2	3	2	3
	绕组线规	mm	1×6.9	1.45×4.4	1.80×5.5	1.25×2.65

续表

名称		单位	ZQ-12	ZQ-12A	ZQ-8	ZQ-18-1
换向器及电刷	换向器直径	mm	290	290	200	200
	换向片数		215	185	123	123
	片间云母厚	mm	0.8	0.8	1	1
	梯形铜排尺寸	mm	3.94×49	4.68×49	5.26×56	5.41×59
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	1°40′27″	1°56′45″	2°55′37″	2°55′37″
	刷握数×电刷数		2×1	2×1	4×2	4×1
	电刷型号及尺寸	mm	D214 20×50	D374B 16×32	D374B 2(10×25)	D374B 10×25
定子	主极/换向极数		4/0	4/3	4/4	4/4
	主极匝数		92.5	88.5	43.5	89.5
	主极绕组线规	mm	2.83×7.4	2.83×6.4	2.24×5	2.24×5
	换向极匝数			95.5	35.5	53.5
	换向极绕组线规	mm		2.83×6.4	2.24×5	2.24×5
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	2	1.5	1.8/2.9	1.8/2.6
	换向极一、二气隙	mm		1.9	3	3
轴隙	传动端轴承		32 413	32 413	32 313	32 313
	非传动端轴承		310	310	310	310

续表

名称		单位	ZQ-21	ZQ-24	ZQ-30	ZQ-30-2
铭牌	额定电压	V	250	550	250	550
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	20.6	24	30	30
	额定电流	A	95	50.5	134	61
	额定转矩	N·m	334	390	204	204
	额定转速	r/min	600	600	1 435	1 435
	最大工作转速	r/min	1 400	1 400	3 014	3 014
	额定效率	%	87	86.8	89.7	90.5
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		E/B	B/B	B/B	B/B
电枢	电枢直径	mm	335	335	245	245
	铁芯长度	mm	126	126	160	175
	槽数	个	43	37	41	41
	冲片槽尺寸	mm	8.95×35.8	10.65×36.1	6.7×22.5	6.5×22.8
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波
	每元件匝数		2	3	1	2
	绕组线规	mm	1.81×6.9	1.35×4.4	1.45×7.1	1.4×4.25

续表

名　　称		单　　位	ZQ-21	ZQ-24	ZQ-30	ZQ-30-2
换向器及电刷	换向器直径	mm	290	290	130	200
	换向片数		190	185	123	123
	片间云母厚	mm	0.8	0.8	1	1
	梯形铜排尺寸	mm	7.02×49	4.68×49	5.41×59	5.41×59
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	2°47′26″	1°56′45″	2°55′37″	2°55′37″
	刷握数×电刷数		2×1	2×1	2×2	2×2
	电刷型号及尺寸	mm	D214B	D374B	D374B	D374B
			20×50	16×32	2(16×32)	2(12.5×25)
定子	主极/换向极数		4/3	4/3	4/4	4/4
	主极匝数		54.5	104.5	27.5	64.5
	主极绕组线规	mm	4.1×7.4	3.05×5.1	2(2.63×7.4)	2.81×7.1
	换向极匝数		39.5	92.5	17.5	35.5
	换向极绕组线规	mm	4.1×7.4	3.05×5.1	2(2.63×7.4)	2.81×7.1
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	2	1.2/1.5	1.8/2.6	1.8/2.6
	换向极一、二气隙	mm	2	2	3/0.3	2.6/0.188
轴隙	传动端轴承		32413	32413	32313	32313
	非传动端轴承		310	310	310	310

续表

名称		单位	ZQ-46A	ZQ-46B	ZQ-52	ZQ-78
铭牌	额定电压	V	250	550	250	550
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	46	46	52	82
	额定电流	A	212	96.5	105	154
	额定转矩	N·m	846	800	390	665
	额定转速	r/min	530	560	1 300	1 200
	最大工作转速	r/min	2 050	2 050	2 800	2 455
	额定效率	%	90.6	90.6	91.5	92
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		B/B	B/B	B/B	H/B
电枢	电枢直径	mm	440	440	310	331
	铁芯长度	mm	150	150	200	220
	槽数	个	43	43	45	39
	冲片槽尺寸	mm	10.8×35	10.8×35	9.3×38.2	10.2×30.6
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波
	每元件匝数		1	1	2	1
	绕组线规	mm	1.81×6.4	1.81×6.4	1.81×6.9	2(1.45×5.9)

续表

名称		单位	ZQ-46A	ZQ-46B	ZQ-52	ZQ-78
换向器及电刷	换向器直径	mm	390	390	264	305
	换向片数		171	171	135	195
	片间云母厚	mm	1	1	161	1.1
	梯形铜排尺寸	mm	7.32×70	7.32×70	6.085×68	4.27×62.5
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	2°6′	2°6′	2°40′	1°50′46.1″
	刷握数×电刷数		2×2	2×2	2×2	4×1
	电刷型号及尺寸	mm	D214 25×40	D214 26×40	D374B 16×32	D374B 16×50
定子	主极/换向极数		4/4	4/4	4/4	4/4
	主极匝数		36	8	39.5	30
	主极绕组线规	mm	3.05×22	1.5×22	4.1×7.4	1.81×22
	换向极匝数		25	50	39.5	29
	换向极绕组线规	mm	3.8×16.8	1.9×16	4.1×7.4	1.81×22
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	3	3	2.75	2.8
	换向极一、二气隙	mm	4	4	4/0.5	5/0.5
轴隙	传动端轴承		32 617	32 617	32 413	27 313
	非传动端轴承		62 613	62 613	410	7 315

续表

名称		单位	ZQ-110	ZQ-60H	ZQ-78	ZQ-98
铭牌	额定电压	V	750	600	750/2	750/2
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	110	60	76	98
	额定电流	A	161	113	230	290
	额定转矩	N·m	884	436	557	620
	额定转速	r/min	1 212	1 340	1 330	1 540
	最大工作转速	r/min	2 500		3 080	2 930
	额定效率	%	91.47	88.3	88.7	90.8
	励磁方式		串	串	串	串(自调磁)
	定子/转子绝缘等级		B/B	H/B	B/B	H/B
电枢	电枢直径	mm	331	280	320	327
	铁芯长度	mm	286	310	260	190
	槽数	个	39	41	47	43
	冲片槽尺寸	mm	10.1×29.2	10×26.5	7.85×35	8.1×33.4
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波平放
	每元件匝数		1	1	1	1
	绕组线规	mm	2(1.16×4.7)	2(1×4.4)	2(1.35×5.9)	4×6.3

续表

名称		单位	ZQ-110	ZQ-60H	ZQ-78	ZQ-98
换向器及电刷	换向器直径	mm	305	250	285	280
	换向片数		195	205	141	129
	片间云母厚	mm	1.1	0.8	1.4	1.4
	梯形铜排尺寸	mm	4.27×62.5		5.89×67.5	6.72×71
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	1°50′46.1″		2°33′11.5″	2°47′26″
	刷握数×电刷数		4×1	4×2	4×2	4×2
	电刷型号及尺寸	mm	D374B 16×50	D374B 20×32	D374B 20×32	D374B 2(10×32)
定子	主极/换向极数		4/4	4/4	4/4	4/4
	主极匝数		33		30	13+12
	主极绕组线规	mm	1.81×22	2.44×13.50	2.26×22	3.15×25
	换向极匝数		30		21	21
	换向极绕组线规	mm	1.8×22	1.81×16.8	2.26×25	2.8×28
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	2.8	1.5/3	5.8	3.5/7
	换向极一、二气隙	mm	5/0.5	3.5	5/0.5	6/1
轴隙	传动端轴承		32 315		32 313	32 313
	非传动端轴承		623 312		623 310	62 310

续表

名称		单位	ZQ-100	ZQ-110-1	ZQ-220	ZQ-350-1
铭牌	额定电压	V	600	1 500/2	1 500/2	1 500
	额定工作制	h	1	1	1	1
	额定功率	kW	100	110	220	350
	额定电流	A	183	163	325	250
	额定转矩	N · m	745	1 094	4 050	4 400
	额定转速	r/min	1 300	980	530	775
	最大工作转速	r/min	2 500	1 600	1 830	1 790
	额定效率	%	91.5	90.8	91.6	99.4
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		B/B	B/B	B/B	B/B
电枢	电枢直径	mm	294	331	450	560
	铁芯长度	mm	300	360	450	340
	槽数		37	39	57	63
	冲片槽尺寸	mm	10.7×28.2	10.1×29.2	10.2×43.2	12.6×48
	电枢绕组形式		单波	单波	单波	单波
	每元件匝数		1	1	1	1
	绕组线规	mm	2(1.50×5.0)	2(1.35×4.7)	2(1.81×7.4)	2(1.45×8.6)

续表

名称		单位	ZQ-100	ZQ-110-1	ZQ-220	ZQ-350-1
换向器及电刷	换向器直径	mm	250	305	385	495
	换向片数		185	195	171	315
	片间云母厚	mm	0.8	1.1	1	1.4
	梯形铜排尺寸	mm	4.22×59.5	4.27×62.5	7.15×75	4.31×82
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)		1°50′46.1″	2°6′	1°8′34.3″
	刷握数×电刷数		1×2	4×1	4×2	4×2
	电刷型号及尺寸	mm	D374B 16×32	D374B 16×50	D374B 20×50	D374B 20×32
定子	主极/换向极数		4/4	4/4	4/4	4/4
	主极匝数		20	33	32	53
	主极绕组线规	mm	2.0×28	1.81×22	3.5×25	3×25
	换向极匝数		26.5	30	25	47
	换向极绕组线规	mm	2.0×25	1.81×22	4.7×18	2.44×30
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	2.5/5.5	2.8	3.25	8/16
	换向极一、二气隙	mm	4.5/0.5	5	4	8.8/1.2
轴隙	传动端轴承		46 313	32 319	32 424	42 422
	非传动端轴承		2 310	62 312	92 417	42 422

续表

名称		单位	ZQ-650-1	ZQDR-204	ZQDR-260	ZQDR-306
铭牌	额定电压	V	1500	275/410	363/700	380/610
	额定工作制	h	1	连续	连续	连续
	额定功率	kW	650	204	260	303
	额定电流	A	465	820	800	875
	额定转矩	N·m	7 150	3 880	5 359	6 150
	额定转速	r/min	885	515	473	480
	最大工作转速	r/min	2 030	2 200	2 370	2 370
	额定效率	%	94.3	91.5	90.8	91
	励磁方式		串	串	串	串
	定子/转子绝缘等级		H/B	B/B	H/B	H/B
电枢	电枢直径	mm	650	493	493	493
	铁芯长度	mm	375	400	490	490
	槽数	个	90	50	69	69
	冲片槽尺寸	mm	9.2×48.3	11.1×57	8.9×47.5	8.9×47.5
	电枢绕组形式		叠绕	叠绕	叠绕	叠绕
	每元件匝数		1	1	1	1
	绕组线规	mm	2.63×8.6	3(2.44×6.9)	3(1.56×6.4)	3(1.56×6.4)

续表

名称		单位	ZQ-650-1	ZQDR-204	ZQDR-260	ZQDR-306
换向器及电刷	换向器直径	mm	540	400	385	385
	换向片数		360	150	276	276
	片间云母厚	mm	1.2	1	1.1	1.1
	梯形铜排尺寸	mm	4.52×118	9.26×120	4.6×117	4.6×117
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	1°	2°24′	1°18′16″	1°18′16″
	刷握数×电刷数		4×2	4×3	6×3	6×3
	电刷型号及尺寸	mm	D374B 2(12.5×50)	D252 25×50	D376 2(9×35)	D374B 2(9×35)
定子	主极/换向极数		4/4	4/4	6/6	6/6
	主极匝数		39	29	11	11
	主极绕组线规	mm	1.81×55	5.5×30	5×40	5×40
	换向极匝数		28	21	10	10
	换向极绕组线规	mm	3×40	5.5×25	6.5×30	6.5×30
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	8/20	5/10	2.5/5.5	2.5/5.5
	换向极一、二气隙	mm	12/3.5	8	5/2.5	5/2.5
轴隙	传动端轴承		42 426	32 426	32 426	32 426
	非传动端轴承		42 426	92 417	92 417	92 417

续表

名称		单位	ZQDR-410	ZQDR-410-1	ZQDR-317
铭牌	额定电压	V	550/800	505/750	432/700
	额定工作制	h	连续	连续	连续
	额定功率	kW	410	410	317
	额定电流	A	800	875	795
	额定转矩	N·m	6 250	6 150	5 300
	额定转速	r/min	640	650	583
	最大工作转速	r/min	2 365	2 370	2 085
	额定效率	%	96	93	92.1
	励磁方式		串	串	串
	定子/转子绝缘等级		H/B	H/B	H/B
电枢	电枢直径	mm	493	493	493
	铁芯长度	mm	460	490	490
	槽数	个	50	69	69
	冲片槽尺寸	mm	11.2×45.5	8.9×47.5	8.9×47.5
	电枢绕组形式		叠绕	叠绕	叠绕
	每元件匝数		1	1	1
	绕组线规	mm	3(2.26×9.3)	3(1.56×6.4)	3(1.56×6.4)

续表

名称		单位	ZQDR-410	ZQDR-410-1	ZQDR-317
换向器及电刷	换向器直径	mm	400	380	385
	换向片数		200	276	276
	片间云母厚	mm	1.2	1.1	1.1
	梯形铜排尺寸	mm	6.67×118	4.6×117	4.6×117
	梯形铜排角度	(°)(′)(″)	1°48′	1°18′16″	1°18′16″
	刷握数×电刷数		4×2	6×3	6×3
	电刷型号及尺寸	mm	D374B 25×50	D376 2(9×35)	D376 2(9×35)
定子	主极/换向极数		4/4	6/6	6/6
	主极匝数		15	11	11
	主极绕组线规	mm	4×50	5×40	5×40
	换向极匝数		14	10	10
	换向极绕组线规	mm	5×40	6.5×30	6.5×30
气隙	主极中心/边缘气隙	mm	5/10	2.5/5.5	2.5/5.5
	换向极一、二气隙	mm	7/1	5/2.5	5/2.5
轴隙	传动端轴承		32 426	32 426	32 224
	非传动端轴承		92 417	92 417	92 318

第6章　三相同步电机

6.1　三相同步电机的特征和类型

6.1.1　三相同步电机的特征

同步电机是交流电机的一种。产生交流电压和电流的同步电机是同步发电机，依靠交流电压和电流运行的同步电机是同步电动机。

同步电机区别于异步电机的一个重要特征是它的转速 n（r/min）与电源频率 f（Hz）之间有着严格的关系，即

$$n = \frac{60f}{p}$$

式中　n——电机转速（r/min）；

f——电流频率（Hz）；

p——电机的极对数。

我国电力系统的标准频率为50Hz，在这种频率下，同步电机的极数与转速的关系如表6-1所示。

表6-1　同步电机的极数与转速的关系（转速单位：r/min）

$2P$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24
转速	3 000	1 500	1 000	750	600	500	428	375	333	300	250
$2P$	28	30	32	36	40	44	48	52	56	60	–
转速	214	200	187	167	150	136	125	115	107	100	–

在现代电力工业中，无论是火力发电、水力发电、核动力发电

或柴油机发电等,几乎全部采用同步发电机。

同步电机除了主要用作发电机外,还可用作电动机。同步电动机特别广泛应用于驱动不要求调速和功率较大的机械设备,如轧钢机、透平压缩机、鼓风机、各种泵和变流机组等,或者用于驱动功率虽不大,但转速较低的各种磨机和往复式压缩机,还可用于驱动大型船舶的推进器等。

6.1.2 主要类型

同步电机有旋转电枢(磁极固定)和旋转磁场(电枢固定)两种结构形式。为了易于引出电枢电流,一般都采用旋转磁场式;只有小型的或有特殊用途的(如无刷励磁同步电机所用的交流励磁机等)才采用旋转电枢式。如图 6-1 所示为同步发电机的结构,如图 6-2 所示为同步发电机的转子结构示意图。

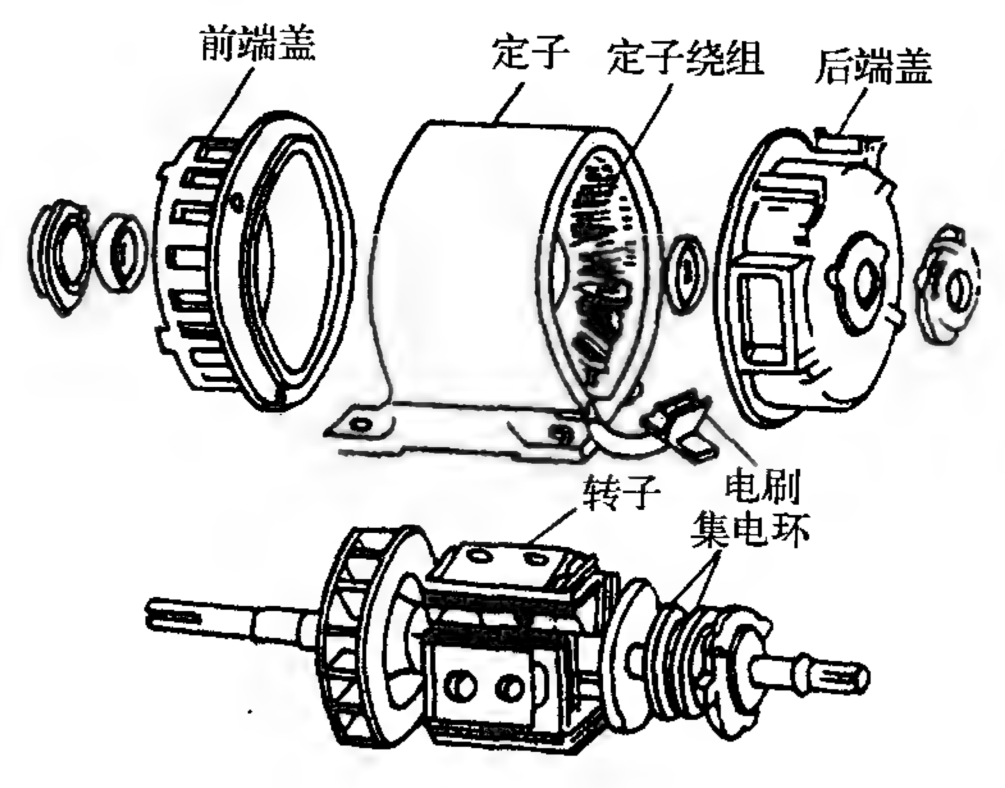


图 6-1 同步发电机的结构

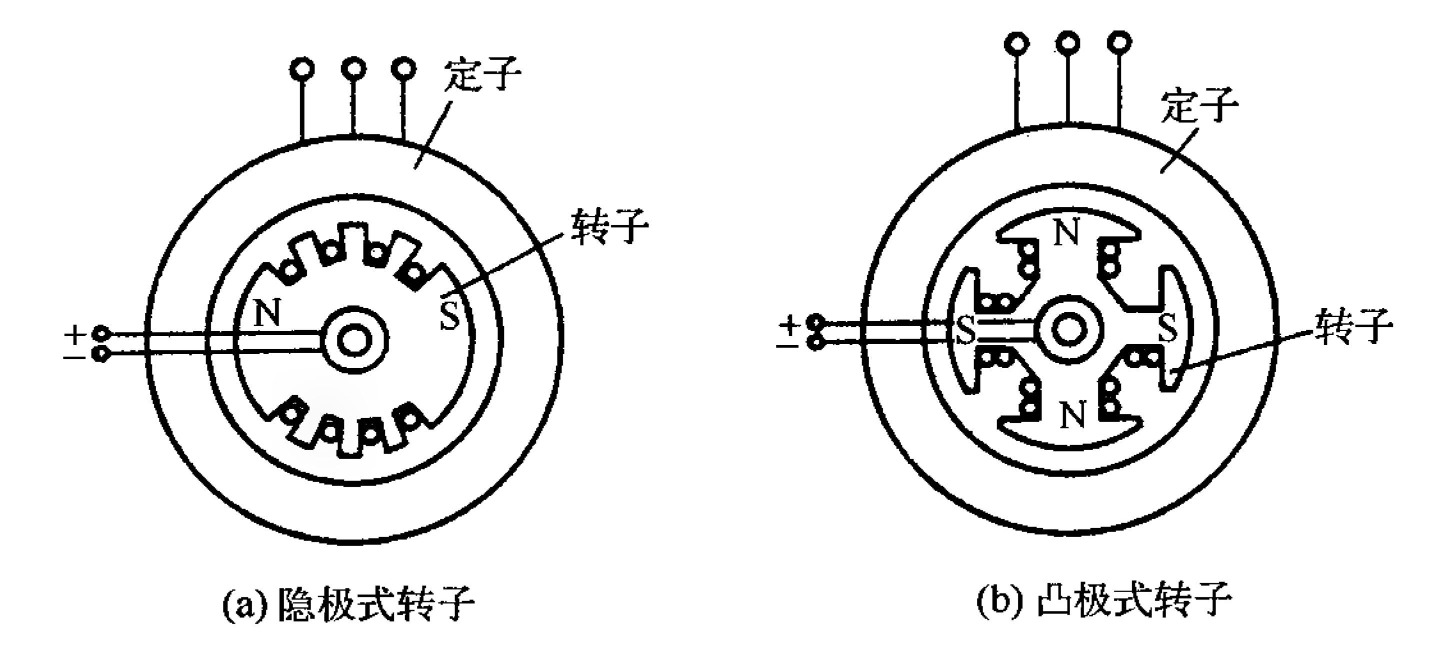


图 6-2　同步发电机的转子结构示意图

同步电机按磁路结构的分类如表 6-2 所示。动力用同步电机按用途的分类如表 6-3 所示。

表 6-2　同步电机按磁路结构的分类

磁路结构	特　点	适用范围
凸极式	(1)转子有显露的磁极 (2)励磁绕组为集中绕组 (3)转子的磁轭和磁极一般不是整体的	$P \geqslant 2$ 的同步发电机和电动机
隐极式	(1)转子是圆柱形的 (2)励磁绕组为分布绕组 (3)转子除小型的用叠片结构外，一般都是整体的	$P < 2$ 的同步发电机和电动机

续表

磁路结构	特点	适用范围
感应子式	(1)转子做成齿轮形,一个转子齿距形成一对极 (2)励磁绕组在定子上 (3)可以做成单极或多极式	中频发电机
爪极式	(1)凸极式的一种变形,南、北极各一组,做成爪状,交错插合 (2)公用一个或两个励磁线圈 (3)励磁绕组一般在定子上	车辆用交流发电机,中频发电机
反应式	转子为凸极式,但没有励磁绕组	驱动及控制用小功率电动机
永磁式	(1)磁路的一部分用永磁体做成,以永磁代替直流励磁 (2)可以做成凸极式、感应子式或爪极式等	小功率发电机及电动机

表6-3 动力用同步电机按用途的分类

名称	特点	规格范围			用途
		功率(kW)	电压(kV)	转速(r/min)	
汽轮发电机	(1)电枢长径比$\frac{l}{D}$比较大,一般$\frac{l}{D}>1$ (2)转子通常为隐极式 (3)卧式安装	750~600 000及以上	0.4~27	3 000,1 500	火电站及核电站

续表

名称	特　点	规　格　范　围			用　途
		功率(kW)	电压(kV)	转速(r/min)	
水轮发电机	(1)电枢长径比$\frac{l}{D}$比较小，一般$\frac{l}{D}<1$ (2)转子通常为凸极式 (3)大容量多数为立式安装，小容量多数为卧式安装 (4)飞逸转速≥$1.6n_N$(额定转速)	10～300 000及以上	0.4～20	50～1 500	水电站及抽水蓄能电站
柴油发电机	(1)转子一般为凸极式，小型也有隐极式的 (2)卧式安装	10～3 200	0.23,0.4,6.3	250～3 000	工厂、矿山、船舶和农村的自备电源或移动电源

续表

名称	特点	规格范围			用途
		功率(kW)	电压(kV)	转速(r/min)	
同步调相机	(1)转子一般为凸极式 (2)可制成户内或户外安装,卧式	5 000 ~ 60 000及以上	6.6,11	750 ~ 1 500	改善电网功率因数,调整电网电压;稳定接有波动动负荷的供电母线电压
同步电动机	(1)二极的为隐极转子,其余均为凸极转子 (2)除驱动立式轴流泵的为立式安装外,一般为卧式安装	250 ~ 10 000及以上	3,6,10	187 ~ 3 000	驱动不要求调速的机械,如鼓风机、水泵、球磨机、压缩机及轧钢机等

续表

名称	特点	规格范围			用途
		功率(kW)	电压(kV)	转速(r/min)	
中频发电机	(1)频率范围为 100 ~ 10 000Hz (2)500Hz 以下可以为凸极式或爪极式,其余一般为感应子式 (3)一般与电动机配组并装在一个机壳内,组成变频机	2 ~ 1 000	0.115,0.23,0.375,0.75,1.5	3 000	小功率的用做超高速电动机及雷达等的特种电源,大功率的一般用做高频加热用电源

6.2 三相同步电机的励磁系统及检修

6.2.1 三相同步电机的励磁系统

三相同步电机的励磁系统通常包括励磁机(或其他励磁供电装置)、手调励磁装置、自动励磁调节器和灭磁装置等设备。它的作用是:当电机正常运行时,供给维持一定电压和一定无功输出范围所需的励磁电流;当电力系统发生突然短路或突加负荷、甩负荷时,对电机进行强行励磁或强行减磁,以提高电力系统的运行稳定性和可靠性;当电机内部出现短路时,对电机进行灭磁,以

避免事故扩大。

同步电机的励磁电流可由直流励磁机直接供给，也可由交流励磁机、发电机的辅助绕组或发电机本身线端等的交流电经可控或不可控整流器（静止的或旋转的）整流后供给。凡由励磁机提供励磁电源的称为他励式励磁系统；凡由发电机线端或由发电机辅助绕组提供励磁电源的则称为自励式励磁系统；凡通过各种整流器整流后提供直流励磁电流的则统称为整流器（或半导体）励磁系统。

1. 常用的励磁系统及其适用范围

常用的励磁系统及其适用范围如表6-4所示。

表6-4 常用的励磁系统及其适用范围

系统名称	适用范围
直流电机励磁系统	中容量水轮发电机，调相机及125MW以内的汽轮发电机
	大容量水轮发电机及调相机
他励不可控静止整流器励磁系统	100MW及以上的汽轮发电机
他励可控硅励磁系统	要求励磁顶值电压倍数及电压增长速度较高的大容量发电机
无刷励磁系统	大容量汽轮发电机，调相机及用于特殊环境的电动机
	特殊用途或用于特殊环境的低压小型发电机
自并励系统	各级容量发电机、调相机、电动机和中频发电机
不可控相复励系统	低压小型发电机

续表

系统名称	适用范围
可控相复励系统	中、小容量发电机及变频机
直流侧并联自复励系统	中容量汽轮发电机及水轮发电机
双绕组电抗分流励磁系统	低压小型水轮发电机
交流侧串联自复励系统	要求励磁顶值电压倍数及电压增长速度较高的大容量发电机
直流侧串联自复励系统	大、中容量发电机
谐波励磁系统	低压小型发电机
直流励磁机与整流器励磁的混合系统	旧机组技术革新(如已运行的同步电机因提高出力,以致原有直流励磁机容量不够时)

2. 同步电动机的励磁系统

同步电动机采用的励磁系统有直流电机励磁系统,可控硅励磁系统及无刷励磁系统等。

1) 对励磁系统的要求

(1) 对带重载启动及有自动再同步要求的电动机,在启动过程中转速达亚同步转速以前($S>4\%\sim5\%$),励磁绕组应经一电阻器短接(其电阻值为励磁绕组电阻的7~10倍)。当转速达亚同步转速后,将电阻器切除并投入励磁。

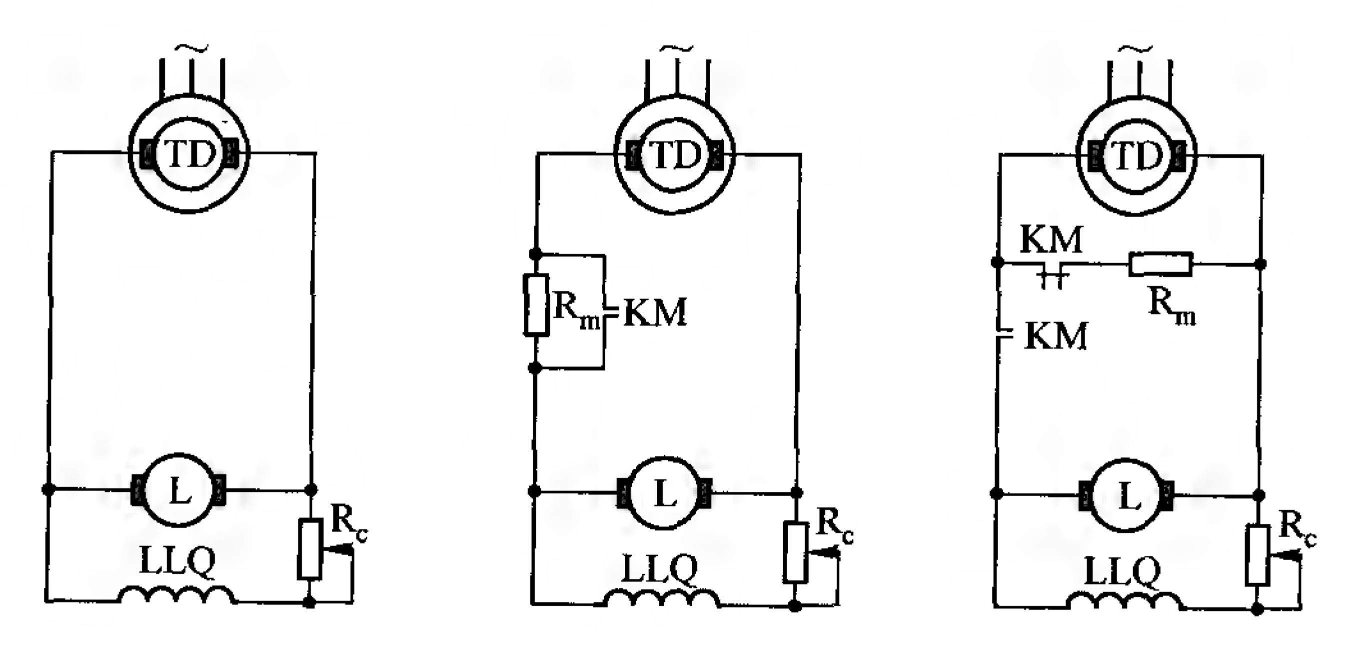
(2) 为改善电网功率因数,大容量电动机的励磁系统应按输出无功电流恒定或按功率因数恒定进行励磁调节。

(3) 为提高电动机的动态稳定性,当电网电压降低或加负载时应实行强行励磁。

(4) 在停机时,应进行灭磁。

2）直流电机励磁系统

如图6-3所示，接线(a)适用于带轻载启动且无自动再同步要求的电动机；接线(b)适用于带较重负载启动的电动机；接线(c)适用于带重载启动且有自动再同步要求的电动机。



(a) 电阻器固接接线方式 (b) 电阻器串接接线方式 (c) 电阻器并接接线方式

图6-3 同步电动机用的直流电机励磁系统的接线方式

3）可控硅励磁系统

如图6-4所示，励磁系统由励磁变压器LB、可控硅整流器KGZ、灭磁装置及自动励磁调节器等组成。励磁系统有以下特点：

(1) 励磁电源(与定子回路来自同一交流电网)转子回路采用三相全控桥固接励磁接线，保持了电动机固有的启动特性。

(2) 全压启动的电动机，当其转速达亚同步转速时，投励单元发出脉冲，使励磁给定单元接通，实现顺极性投入励磁。

(3) 采用降压启动的电动机，当其转速达亚同步转速的90%

左右时，由投全压单元自动切除启动电抗器DK，在电动机加速至亚同步转速时自动投入励磁。

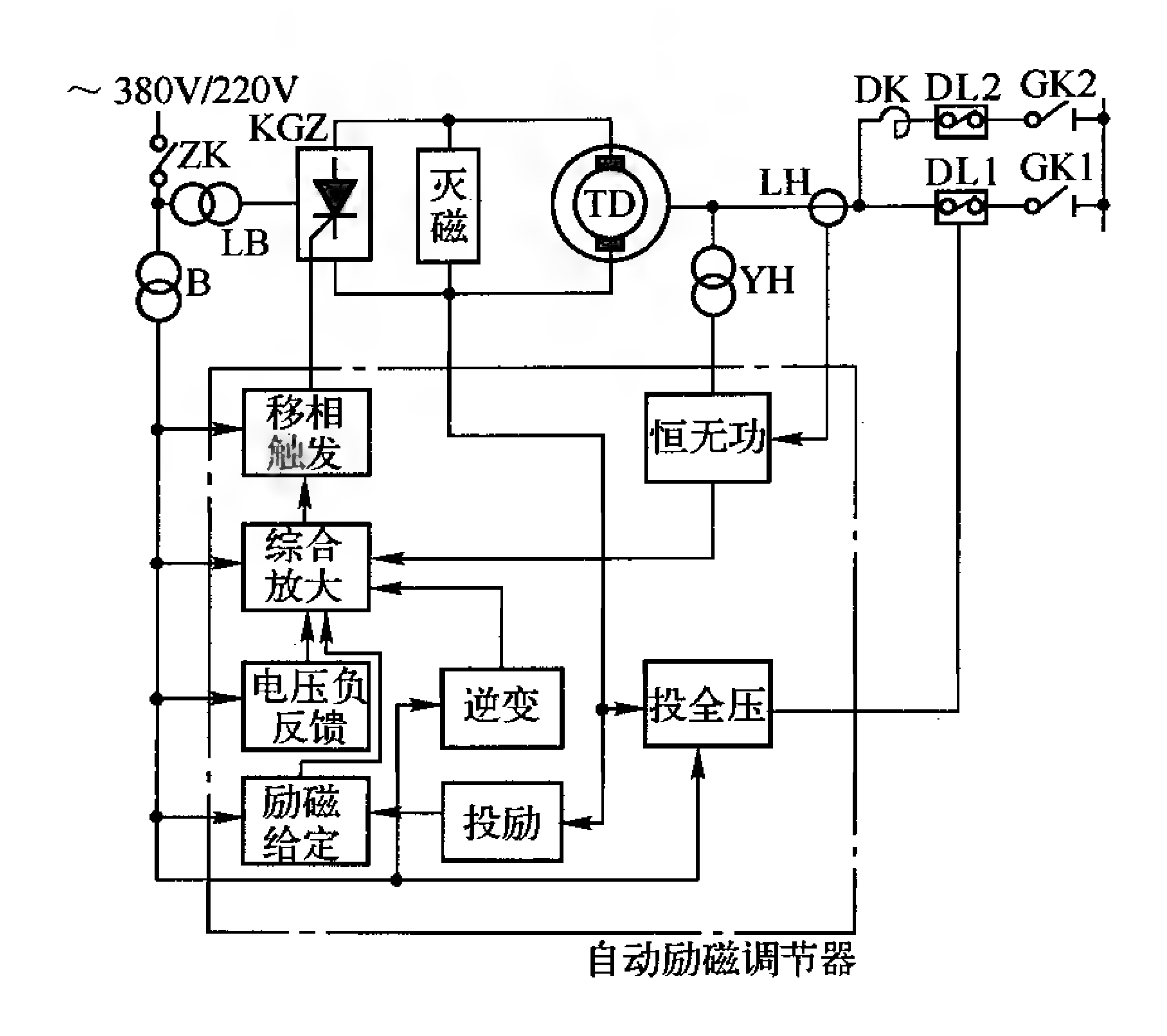


图6-4　同步电动机可控硅励磁系统

（4）当交流电网电压波动时，电压负反馈单元使电动机励磁电流保持基本恒定；当电网电压下降至80%～85%的额定值时实现强行励磁，顶值电压倍数为1.2～1.8倍，允许强行励磁时间不超过10s。

（5）电动机启动或停机时，由限压单元限制转子绕组两端的过电压，以保证转子绕组及励磁装置元件不被击穿。

(6) 可进行手动励磁电流调节,其调节范围为额定值的10% ~125%。

(7)电动机正常停机或事故停机时,由于逆变单元的作用,可控硅整流器 KGZ 转为逆变状态,使转子顺利灭磁。

(8)恒无功单元用于带冲击负载的电动机,其作用是在运行中当电动机负载突变时自动保持电动机无功电流的恒定。

3. 低压小型同步发电机的励磁系统

1) 对励磁系统的要求

目前的低压小型同步发电机大多采用整流器励磁系统。对励磁系统的要求为:

(1) 应满足发电机电压整定范围的要求。

(2) 电压调节准确度(稳定电压调整率)Δu 应符合技术条件的规定。

(3) 具有一定的温度补偿能力,使发电机的冷、热态电压变化符合要求。

(4) 不应对发电机的电压波形产生有害影响。

(5) 应具有足够的强行励磁能力,以保证发电机有优良的动态性能。

(6) 耗损小,效率高。

2) 常用的几种励磁系统

(1) 不可控电抗移相相复励系统的原理和特点

如图 6-5 所示,负载由发电机定子绕组抽头或发电机端(或定子辅助绕组)经线性电抗器 DK 提供的和由功率电流互感器 GLH 提供的两个交流电流分量合成,并经硅整流器 GZ 整流后供给发电机励磁。电抗器的作用是使经由它提供的电流分量的相位移后于端电压

约 90°,这个电流分量供给发电机空载时维持一定端电压所需的励磁电流。电流互感器的作用是使由它提供的电流分量的相位与发电机负载电流的相位相同,其数值与之成正比,它提供给补偿电枢反应的去磁作用所需的相应的励磁电流。必须适当选择两者的参数,以使合成电流 I_R 在数量上能自动适应发电机在任何负载与功率因数时的励磁需要,从而使发电机端电压基本上维持不变。

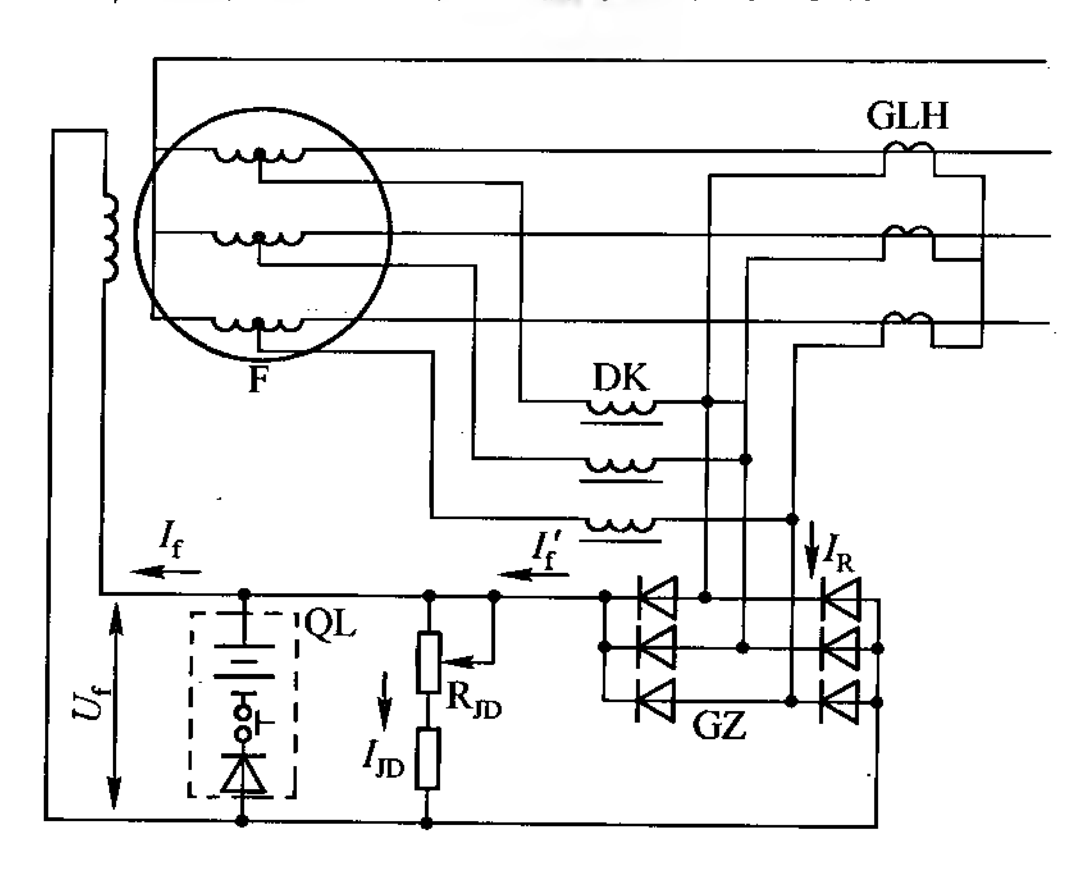


图 6-5　不可控电抗移相相复励系统

与励磁绕组并联的整定电阻 R_{JD} 又称分流电阻,改变此电阻时其分流电流(I_{JD})将发生变化,励磁电流(I_f)也相应变化,从而起到整定发电机端电压的作用。

(2) 谐振式相复励系统的原理和特点

谐振式相复励系统,如图 6-6 所示,是利用磁耦合的相复励

系统。系统中所用的相复励变压器 XB 是一个三相三绕组变压器,在每相铁芯柱上绕有三个绕组:电流绕组 W1,电压绕组 W2 和输出绕组 W3。参数选择适当时,XB 的输出电流可自动适应发电机负载变化时的励磁需要,从而使发电机的端电压基本上维持恒定。这一系统的特点是:与 W2 并联有电容器 C,可以利用它与电抗器 DK 产生串联谐振,从而改善发电机的起励特性和减小电机的冷、热态电压变化。

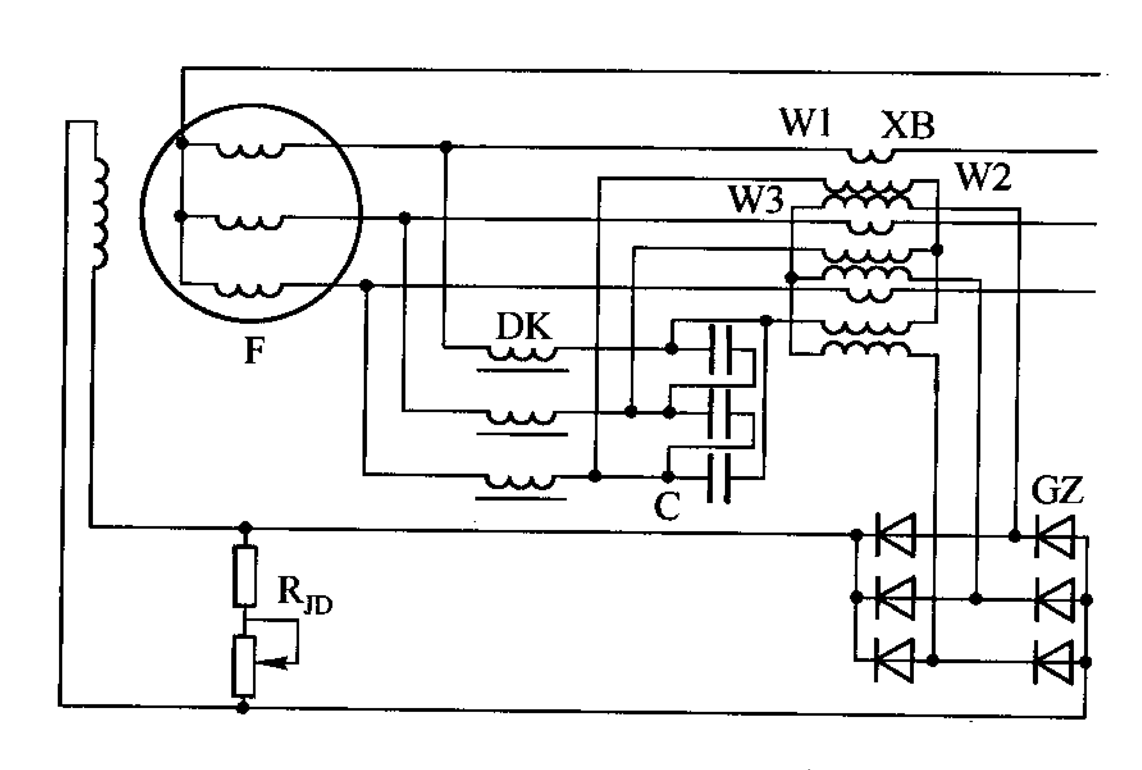


图 6-6 谐振式相复励系统

谐振式线路具有可靠的自起励特性。在发电机开始转动而电压还未建立之前,励磁系统的电源电压为发电机的剩磁电压,一般很低。当此电压的频率达到串联谐振条件时($X_C = X_L$),X_C 与 X_L 上的电压都很高。由于整流器与电容器是并联的,整流器上的电压也将很高,这样,发电机电压就可迅速地建立起来。

(3) 双绕组电抗分流式励磁系统

如图 6-7 所示,发电机定子具有两套绕组:主绕组 DQ 及辅助绕组 FQ。发电机中性点接有分流电抗器 DK,励磁电流由 FQ 与 DK 串联供给(经硅整流器 GZ 整流)。发电机空载时,由 FQ 单独供给励磁电流;发电机加负载后,由于定子电流部分流经电抗器 DK,在其上产生的电压与 FQ 的电压叠加,使励磁电流增加。适当选择系统参数后,电枢反应的去磁作用得到了补偿,从而使发电机的端电压基本上保持恒定。

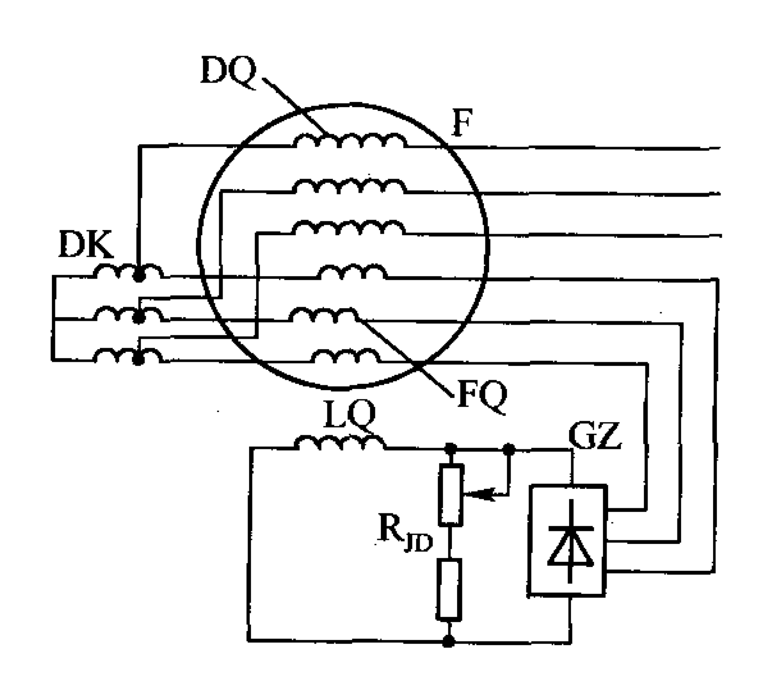


图 6-7 双绕组电抗分流式励磁系统

(4) 谐波励磁系统的原理和特点

谐波励磁系统是在发电机的定子槽中附加一独立的谐波绕组,将储存于气隙磁场中的谐波功率引出来供给主机励磁。根据励磁功率的需要,谐波绕组可为单相或三相,其线圈节距 $\tau_3 \leqslant 1/3\tau$(τ 为主绕组线圈节距)。

谐波绕组无论整距或短距，在采用特定的嵌线和连接方式时，一个极距范围内各线圈中所感应的基波电动势的相量和将为零。由于 $6K \pm 1(K=1,2,3\cdots)$ 次谐波电动势也均互相抵消，所以谐波绕组出线端所获得的仅是三次及其奇数倍谐波电动势。

谐波励磁系统具有一定的自动补偿电枢反应去磁作用的能力（即复励特性）。

6.2.2 检修励磁装置的要求与对励磁元器件的检查

1. 检修励磁装置的要求

（1）拆卸各器件的接线时，应做好标记，以免再接线时发生错误。

（2）用万用表电阻挡测量二极管时，不要使用 R×1 或 R×10k 挡。因为 R×1 挡电流太大，R×10k 挡电压较高，都容易损坏二极管。

（3）不要使用兆欧表测量硅元件和晶闸管回路，以免损坏元件。

（4）在检修的同时，还要对常见故障的部位和可能引起故障的元件进行预防性检查，如硅整流二极管、晶体三极管、电容和晶闸管元件等。若元件特性劣化，则应予以更换。

（5）查阅发电机的运行记录，对出现的故障应在检修时予以排除。

2. 用万用表检查硅二极管的好坏

在检查发电机励磁装置的硅二极管时，先将万用表调至 R×1挡，正表棒接二极管的正极，负表棒接二极管的负极，测得其反向阻值应极大。然后将万用表调至 R×10 或 R×100 挡，将正

表棒接二极管的负极,负表棒接二极管的正极,测得其正向阻值应较小。测量结果表明,正、反向阻值均为无限大或均很小时,这只二极管已开路或击穿短路,应更换新的二极管;如正、反向阻值相差很大时,这只硅二极管是好的。另外,用于整流用的二极管(无触点磁电机控制器上用的)的反向漏电流较大时(反向阻值小),会影响磁电机的低速发火性能,也不应继续使用,而应更换一只新的二极管。

3. 用万用表判断晶闸管是否损坏

(1) 测量阳极和阴极间的电阻值,当只有 1~10Ω 左右,则阳、阴极已短路损坏。

(2) 测量控制极与阴极间的电阻值,正常的晶闸管元件正向电阻为 10~100Ω,反向电阻为几百千欧。测量值如相差很大,则可能是晶闸管元件已经短路或断路损坏。

4. 硅整流元件损坏的原因

在自励式同步电机中,硅整流元件的可靠性同时也会影响电机的可靠性。硅整流元件的损坏大致有以下一些原因:

(1) 规格选用不当,实际正向电流、反向电压超过了元件的允许值。

(2) 运行、操作和维修过程中,操作不当,产生过电压将元件击穿。例如,在用兆欧表测量转子的绝缘电阻时,没有将整流元件断开,也没有用导线将硅元件短接,使硅元件击穿;非同期并列时,产生过电压,与主回路有电气联系的硅元件遭受雷电袭击而击穿等。

(3) 负载功率因数过低,励磁回路长期超载,引起硅元件过热而损坏。

（4）硅元件散热面积不够或环境温度过高，引起散热而被烧毁等。

6.3 三相同步电动机、同步发电机的常见故障及处理方法

6.3.1 三相同步电动机的常见故障及处理方法

三相同步电动机常见故障的处理方法如表6-5所示。

表6-5 三相同步电动机常见故障的处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
1.轴承发热	(1)润滑不良 (2)轴承污损或润滑油内有杂物 (3)轴承太紧 (4)轴承因振动而松动	(1)改善润滑条件，注油 (2)清洗或更换轴承，换润滑油 (3)检查轴承的配合状况 (4)检修轴承
2.轴承发热但没有超过其他部分	这是转子或定子绕组发热而传到轴承上的： (1)电动机过载 (2)励磁电流过大	(1)减小电动机的负载至额定值及以下 (2)适当减小励磁电流至额定值
3.定子绕组的某几点发热冒烟，某几个槽楔有灼痕	(1)定子绕组有部分匝间短路 (2)定子、转子铁芯相摩擦	(1)检修或大修电动机定子绕组 (2)校正定、转子的同轴度

续表

故障现象	产生原因	处理方法
4. 电动机不能启动	(1)定子绕组的电源电压太低，启动转矩过小 (2)定子绕组开路 (3)轴承太紧或安装不当使定、转子铁芯相摩擦 (4)负载过重 (5)定子绕组的电源或控制电路有缺陷或错误 (6)启动笼有断条或连接处接触不良	(1)如是降压启动，则适当提高启动电压，以提高启动转矩 (2)检查开路的绕组 (3)调整定子之间的气隙达正常值 (4)使电动机轻载启动 (5)检查定、转子的主电路和控制电路 (6)检查电动机的阻尼绕组和端环铜排的连接
5. 电动机启动后转速不能增加到正常速度，且有较大振动	(1)励磁系统有故障，不能投入额定励磁电流 (2)励磁绕组有匝间短路 (3)励磁烧组的接线有错误或绕制方向、匝数有错误	(1)检查励磁系统，用电流表测试励磁电流值 (2)检查或更换短路的线圈 (3)检查励磁线圈的方向、匝数和接线方式
6. 定子绕组各部分都发热	(1)电动机过载 (2)磁场过励，功率因数低	(1)减少电动机的负载 (2)适当降低励磁电流
7. 定子绕组中有一个或几个线圈发热	定子绕组有部分线圈匝间短路	局部修理或大修定子绕组

续表

故障现象	产生原因	处理方法
8. 电动机在运转中振动过大，或有异常噪声	(1)励磁绕组松动或有位移 (2)励磁绕组匝间短路、绕制错误或接线不正确 (3)定子与转子之间的气隙不均匀 (4)转子不平衡 (5)转子轴上所带的机械设备不正常 (6)底座固定情况不良或基础强度不够 (7)机座或轴承支座安装不良 (8)转轴弯曲	(1)检查绕组的固定情况 (2)检查线圈有无短路、绕制错误或接线不正确 (3)调整定子或转子的安装位置 (4)将转子做成静平衡或动平衡 (5)检查转子轴上的机械设备 (6)检查底座固定情况，看基础是否振动 (7)检查机座或轴承支座的安装情况 (8)检查转轴是否弯曲
9. 绝缘击穿	(1)工作电压过高 (2)环境温度太低 (3)线圈被有害气体、潮气等侵蚀 (4)工作线路上产生过电压	(1)检测工作电压 (2)改善电动机的工作环境 (3)局部修理或大修已经击穿的绕组 (4)检查过电压保护元件是否正常

6.3.2　三相同步发电机的常见故障及处理方法

三相同步发电机常见故障的处理方法如表6-6所示。

表6-6 三相同步发电机常见故障的处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
1. 绝缘电阻低于标准或产品技术条件规定的数值	在运输、存放、长时间停机时有水滴入电机内使绕组受潮	受潮电机可用短路法干燥，即将电机施转至额定转速，并将电枢绕组短路，调节励磁，使电枢绕组的每相电流在1~2h内上升到额定值，并在此情况下运转直至电机烘干，绝缘电阻符合要求为止
2. 发电机不发电	(1)接线错误 (2)转速太低 (3)剩磁电压低(正常剩磁电压 $U_{线}>10V$，$U_{相}>6V$) (4)整流器(包括续流二极管、晶闸管)损坏 (5)励磁绕组断路 (6)接线头松动或开关接触不良 (7)电刷和集电环接触不良或电刷压力不够 (8)刷握生锈，电刷不能上下滑动 (9)谐波绕组不通 (10)励磁绕组接线错误，极性相反	(1)按接线图检查接对 (2)测量转速保持额定值 (3)用蓄电池充电，+接L_1，-接L_2 (4)调换同规格整流元件 (5)将断线重新焊牢，包扎绝缘 (6)将接线头拧紧，检查开关接触部分，用00号砂布擦净接触面，如损坏应予更换 (7)清洁集电环表面，磨电刷表面与集电环弧面相吻合，增加电刷弹簧压力(约300g/cm^2)

续表

故障现象	产生原因	处理方法
2. 发电机不发电	(11)励磁机电刷中性线位置不对 (12)发电机定子绕组断线、短路或接错 (13)励磁机磁场变阻器断线 (14)原动机旋转方向不对 (15)触发器不工作	(8)用00号砂布擦净刷握内表面，如损坏应更换 (9)将磁场电阻一端打开，再接触一下，看有无火花。若无火花，再检查断线处，查明后，把它接好 (10)改接绕组接线，按其极性用电池充电 (11)校正中性线位置 (12)检查断线和短路点是否接好；如果接错应改正 (13)查明断线处，接好 (14)改正原动机方向 (15)使触发器投入工作
3. 相位复式励磁发电机电压不正常	(1)电抗器、电流互感器线圈断(短)路，不发电 (2)整定电阻太小，电压低 (3)电抗器气隙小，电压低 (4)电抗器气隙太大，电压偏高	(1)找出断(短)路所在，消除故障或调换线圈 (2)适当增大整定电阻 (3)重新调整气隙，保持额定电压 (4)重新调整气隙，保持额定电压

续表

故障现象	产生原因	处理方法
4. 谐波励磁发电机电压不正常	(1)谐波绕组断(短)路、不发电 (2)分流晶闸管短路不发电 (3)触发装置工作不正常或损坏	(1)找出断(短)路所在,消除故障或调换线圈 (2)查出短路原因,如晶闸管变质损坏,应予调换 (3)拆下触发装置检查,调换变质或损坏的元件
5. 晶闸管直接励磁发电机电压不正常	(1)晶闸管控制极击穿或开路,不发电 (2)触发装置损坏,不发电或电压不足或偏高	(1)用万用表检查晶闸管,如变质或损坏,应予更换 (2)拆下触发装置检查,调换变质或损坏的元件
6. 发电机端电压低的其他原因	(1)原动机转速低 (2)励磁回路电阻太大 (3)转子回路有短路,或接线松动	(1)测量转速,使其保持额定值 (2)调整磁场变阻器,如不起作用,可将万用表电流挡串接磁场回路,监视电流值,如测量结果很小,表明某接头处过松,查明原因进行处理 (3)处理短路,拧紧螺钉 (4)校正电刷位置

续表

故障现象	产生原因	处理方法
6. 发电机端电压低的其他原因	(4)励磁机电刷错位，即不在中性线上 (5)电刷接触面积太小，压力不足，接触不良	(5)如果是由于整流子表面不光引起的，可在低速下用00号砂布磨光换向器表面；或调整弹簧压力
7. 电机过热	(1)过负荷 (2)电枢线圈、励磁线圈短路 (3)定子、转子有摩擦 (4)通风道阻塞	(1)应随时注意电流表，勿超过额定电流 (2)拆换已短路的线圈 (3)检查轴，轴承室及轴承有无松动 (4)将电机内部彻底吹净清理
8. 轴承过热	(1)轴承磨损过度 (2)润滑脂规格不符，装得太多 (3)传动带张力过大 (4)装配不对	(1)更换新轴承 (2)用煤油洗净轴承。加润滑脂约为轴承室体积的2/3，不可过多 (3)适当调节传动带张力，勿过紧 (4)更新调整装配

6.3.3 不可控相复励三相同步发电机的常见故障及处理方法

不可控相复励三相同步发电机的常见故障及处理方法如表6-7所示。

表6-7 不可控相复励三相同步发电机的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
1. 空载无电压	(1)直流熔断器断开 (2)励磁线圈断路或松脱 (3)整定电阻值太小 (4)发电机无剩磁电压 (5)整流桥二极管损坏 (6)电抗器气隙太小，电抗器线圈二相断路 (7)电枢绕组或励磁绕组有严重短路 (8)励磁绕组接错，造成磁极极性相反 (9)电刷与集电环接触不良 (10)剩磁方向与励磁装置输出的电流产生的磁场方向相反 (11)电刷被刷架框卡住 (12)电流互感器初级线圈断(短)路	(1)更换熔断器 (2)接好断线处或拧紧螺栓 (3)将电阻值放在最大位置 (4)充磁(12V或24V直流电压) (5)更换二极管 (6)加大气隙，接好断线处 (7)绕组短路会引起发电机严重发热，并烧坏绕组，应拆除修理检查纠正 (8)重接励磁绕组 (9)用酒精洗净集电环表面，使电刷与集电环表面弧度吻合，调节电刷压力 (10)调换接线，重新充磁 (11)如刷架框生锈，用00号砂纸擦去锈斑，严重则更换刷架 (12)排除线圈故障
2. 空载电压低	(1)电抗器气隙小 (2)整流桥交流侧一相断路或2只二极管损坏，致使整流器变成单相桥 (3)1只二极管短路 (4)励磁绕组短路或励磁回路连接不良，接触电阻太大 (5)整定电阻太小	(1)加大气隙 (2)接好断线处，更换二极管 (3)更换二极管 (4)排除短路及接触不良现象 (5)调节变阻器使电阻增大

续表

故障现象	产生原因	处理方法
3. 空载时三相电压不平衡	(1)电抗器一相线圈短路 (2)电流互感器初级线圈一相始末端接错,使3个线圈绕向不同	(1)排除短路现象 (2)改变错误的接头,使3个线圈绕向一致
4. 电压不稳定	(1)电抗器磁轭松动 (2)电刷与集电环接触不良	(1)旋紧紧固螺钉 (2)用00号砂纸磨电刷,使电刷与集电环弧面接触
5. 空载电压正常,不能带负载	(1)电流互感器初级线圈始末接错 (2)电流互感器次级会星处开焊 (3)电流互感器与电抗器的相应相位接错,致使发电机电枢绕组与中间抽头不是一相 (4)整流管损坏	(1)改正接线 (2)焊牢会星处 (3)改正接线 (4)更换二极管
6. 集电环有火花	(1)集电环表面有油污或不光滑 (2)电刷与集电环接触不良	(1)清洁集电环表面,集电环表面毛粗时,应加工车光 (2)检查电刷有否被卡在刷架框内,如刷架框生锈,应清洁刷架框或更换,使电刷与集电环弧面接触良好

续表

故障现象	产生原因	处理方法
7. 发电机发热	(1)仪表不准,使电机实际过载 (2)发电机过载 (3)负载功率因数低 (4)通风道被堵 (5)发电机绕组或励磁装置中电抗器绕组部分短路 (6)修理发电机时,更换风扇使风量不足	(1)定期对仪表、互感器校验,使发电电机不过载 (2)使发电机不超过额定值 (3)此时发电机输出应以kV·A为额定千伏安,并使励磁电流不超过额定值范围 (4)发电机通风孔或发电机上不准被他物挡住或覆盖他物 (5)找出短路处,修理 (6)检查风扇并纠正

6.4　三相同步电机的常见故障及检修

6.4.1 使失去剩磁的三次谐波励磁同步电动机发电的措施

1. 操作方法

(1) 在发电机的磁场绕组(或谐波绕组)两端,并联1~2只2~2.4μF、400V的电扇电容器(此电容器可长期接上),再将一只12V蓄电池或6~8只1号干电池串联接在发电机的磁场绕组上。开动柴油机,随着柴油机转速的提高,若发电机的输出电压慢慢上升,发动机的转速达到额定值时,输出电压达到额定值。若发电机的输出电压仍达不到额定值,可再并联1~2只同型号规格的电扇电容器。因电容器有充电储蓄电荷的作用,励磁线圈加上电容器后,可使发电机的剩磁电压提高,发电机即能可靠自励。

(2)在发电机的交流输出端接上与其容量相适应的负载(如

18kW 的发电机,可接上一台 5.5～7.5kW 的电动机),使发电机带负载启动,这样可增加励磁电压和励磁电流,提高了自励能力。发电机发出的电压达到额定值后,逐一带上工作负载。小容量发电机也可每相接入 1～2 只 200W 的灯泡作负载。若有三相电力电容器,也可接上一台 380V、2～5kV·A 的电容器作负载励磁,这样并不消耗能量。

(3) 发电机停机时,应先减小柴油机的油门,降低转速,再拉开发电机的开关,切断负载,最后把柴油机停下来。这样既可防止发电机失磁,又可防止因突然拉闸,切断负载,使发电机飞车,损坏发电机的定子、转子绕组。

2. 注意事项

(1) 用蓄电池充磁时,要先确定直流电源与励磁线圈的极性。也就是说,要把外加直流电源的正极接在磁场线圈的正极上,把直流电源的负极接在磁场线圈的负极上。否则,接错了方向会起到退磁作用,发电机更发不出电来。

(2) 发电机充磁后,最好经常开机带上负载运行 1～2h,防止停用过久,再度失磁。

6.4.2 三相同步电动机阻尼绕组的故障及检修

三相同步电动机如果连续启动、启动频繁、失磁运行,或在制造时其端环与导条没有焊好,则可能发生阻尼绕组开焊、断条和阻尼端环接触不良的故障。

1. 故障现象

(1) 同步电动机在启动时会产生振动和噪声,而这种振动和噪声在启动后即消失。

（2）启动时间延长，当断条数量较大或端环严重接触不良时，启动困难，甚至不能启动。

（3）在同步电动机的启动过程中，阻尼绕组有断条或接触不良处，可以看到放电火花，火花会随电动机一起转动。在启动结束后，电火花即消失。

2. 检查方法

（1）直接观察。检查阻尼导条有没有电弧灼痕，有无断裂或细小裂纹。检查端环连接处是否接触良好。

（2）轻击检查。用小锤子轻轻敲击阻尼导条和端环，听是否有断裂声音。

（3）电气检查。如图6-8所示，用两个开口变压器，其中一个接交流电用以产生磁通，在另一个开口变压器的绕组线路中连接一毫伏表，用以测量绕组的感应电势。当某一导条开焊、断条或与端环接触不良时，由于两变压器相连磁通明显减小，则毫伏表的读数将减小。

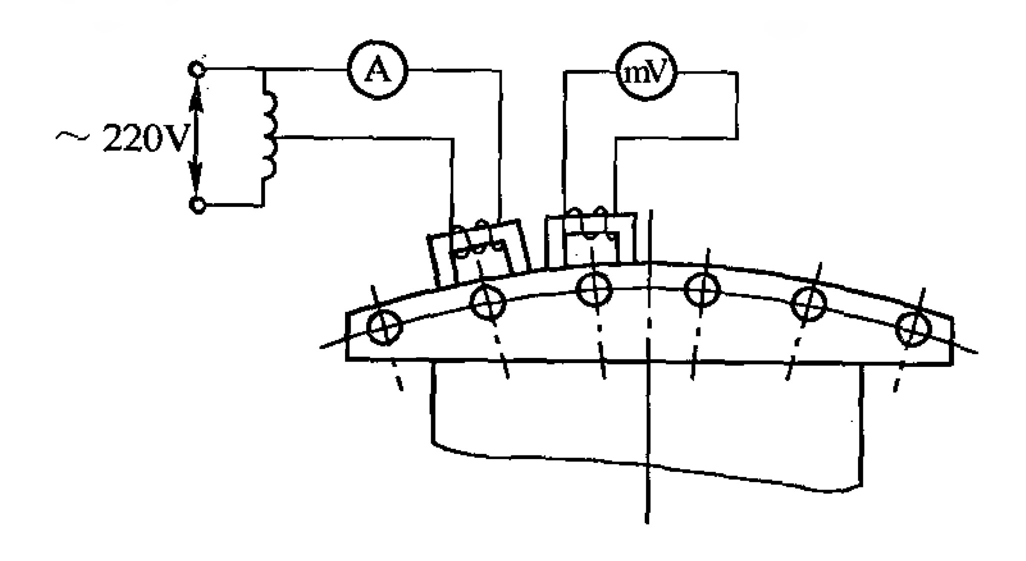


图6-8　用开口变压器检查阻尼绕组的故障

3. 处理方法

(1) 焊接处焊缝开裂。此时可用气焊(银焊料204或料303作焊料,硼砂为焊剂)进行补焊。补焊前在原焊缝处铲一小坡口,补焊时先用火焰把整个端焊都烤热,然后再补焊开裂的地方,以免产生局部温度应力,并注意焊接时应使焊料充满全部缝隙。

(2) 断条。此时一般需要更换导条,新的导条电阻率及截面尺寸应与原导条的一致。当没有同规格的导条时,也可将断导条进行补焊,但必须保证焊接可靠。更换导条时,先在两端同时加热,使焊接处的焊料熔化,然后用一铜棒打出断裂的导条,再将新的导条打回原孔重新焊接。

(3) 端环出现裂缝。先把裂缝扩大,并使其呈V形,然后用气焊进行补焊。

(4) 端环连接处接触不良。这是常见的故障,处理时先把接触处清理干净,去除氧化皮和油污,再重新搪锡,然后将连接螺栓拧紧。

6.4.3 三相同步电动机转子产生轴向窜动的原因及处理

1. 同步电动机转子产生轴向窜动的原因

当电动机采用径向滑动轴承,水泵采用弹性圈柱销联轴器连接时,有时会产生轴向窜动,而且在不同的机组中,其窜动的方向也不同。有的窜向电动机侧,有的窜向水泵侧,直至电动机轴肩和轴瓦端面靠紧为止,致使电动机轴瓦过热,轴瓦端面受到严重磨损,影响电动机的正常运行。电动机产生轴向窜动有以下几种原因。

（1）由于装配不当，电动机的定子、转子磁中心轴向偏移，在励磁状态下产生轴向磁拉力。

（2）电动机和被拖动机械安装倾斜或基础不水平产生轴向力。

（3）电动机转子和半联轴器的动平衡及振动产生轴向力。

（4）由于弹性联轴器柱销位置不等距或安装不良，致使柱销偏斜，弹性圈变形，受力不均匀而产生轴向力。

（5）被拖动机械本身产生轴向窜动等。

2. 同步电动机产生轴向窜动的处理

（1）仔细观察电动机轴向窜动的情况，并做好记录。

（2）检查电动机与被拖动机械的耦合情况，即两轴线是否对准或成一直线，否则重新耦合。

（3）检查电动机和被拖动机械安装底板的水平情况，水平误差应为在1 000mm内不大于0.2mm。否则应重新调校。

（4）脱开被拖动的机械使电动机单独运行。若电动机不再发生轴向窜动，则属被拖动机械问题；若仍发生轴向窜动，则属电动机本身问题。

（5）检测电动机的振动情况，对不同轴中心高和转速不同的单台电动机，在按GB10068.1－88测定时，其振动速度有效值应不超过表6-8中的规定。否则，应将电动机转子和半连轴器重新校平衡。

表 6-8 电动机的振动速度有效值限值 (mm/s)

安装方式 / 轴中心高 H(mm) / 标称转速 n(r/min)	弹性悬置			刚性安装
	45～132	>132～225	>225～400	>400
600～1 800	1.8	1.8	2.8	2.8
>1 800～3 600	1.8	2.8	4.5	2.8

(6) 拆开电动机端罩，检查电动机的定、转子铁芯轴向中心是否对齐。如定子、转子铁芯轴向中心偏移较大，则应重新调节定、转子相对位置，使定、转子铁芯对齐；如定子、转子铁芯有长短，则所长部分应两端均分，这时应根据具体情况移动定子或转子（即轴承座）位置。若移动轴承座的位置进行调整，在重新安装轴承座时，应检查转轴与轴承座的配合面之间的对径间隙，四点应均匀。用塞尺检查轴肩与轴瓦端面间的轴向间隙，一般内侧为 2.5～3.0mm，外侧为 1.5～2.0mm。

(7) 电动机装复后，重新测量轴向窜动量，其值应符合表 6-9 的规定。

表 6-9 滑动轴承电动机允许轴向窜动量的标准

电动机功率(kW)	轴向窜动量(mm)	
	向一边	向两边
10 以下	0.50	1.00
10～30	0.70	1.50

续表

电动机功率(kW)	轴向窜动量(mm)	
	向一边	向两边
30～70	1.00	2.00
70～125	1.50	3.00
125 以上	2.00	4.00
轴颈直径大于200mm	轴颈直径的2%	

6.4.4 三相同步电动机温升过高的原因及处理

1. 同步电动机运行时产生过热的原因

(1) 负载不正常。电动机没有按规定的条件运转，如电压、电流、功率因数及转速等与铭牌值不符或负载不平衡等。

(2) 电动机通风不良。如电动机的气隙、径向风道及进风口处的空气过滤器等处被灰尘、棉絮等杂物堵塞。

(3) 电动机内积灰。在工作条件较差的场所(如纺织厂、面粉厂、造纸厂、水泥厂及锯木厂等)，粉尘飞絮等物进入电动机内部，并堆积在散热表面上，使电动机散热困难，引起温度升高。

(4) 进风温度过高。

2. 处理方法

(1) 首先检查电动机的负载是否正常，如三相电流和电压是否在额定值以内，三相负载是否平衡，励磁电流是否过大等。如果发现负载不正常，可设法调整负载；如果励磁电流过大，应设法降低。

(2) 如果电动机的运行状况都在正常范围内,而定子、转子绕组及定子铁芯的温升超出正常的数值,就说明电动机本身或通风冷却系统出现了异常情况,应予以排除。

(3) 检查进出风的温度。对于防护式及管道通风的电动机,如果进风温度正常,而出风温度高于正常情况,说明风量已减少,风道有阻塞现象,应对风道进行检查清理;对于密闭循环通风冷却的电动机,风道阻塞的可能性较小,如果进风温度过高,说明冷却器有故障或冷却水流量不足,应对冷却器进行检查。在检查风路情况时,要注意进出风口是否相邻和是否存在回流现象。

(4)检查定子、转子之间有无摩擦声。因为定子、转子相摩擦也会引起温升过高。

(5)检查定子、转子绕组是否存在短路故障。

(6)如果经过以上检查和处理后,定子、转子的温升仍然偏高,则可能是绝缘老化了,此时应对电动机进行浸漆绝缘处理。

6.4.5 三相同步发电机产生逆磁现象的原因及处理

三相同步发电机的逆磁现象,是指在发电机运转过程中,磁场励磁电流突然反向,把原有的 N 极变为 S 极,而 S 极则变成 N 极。

逆磁过程是先失去励磁,再投入反向励磁两个过程的组合。发电机有一个先失去同步,然后再进入同步的过程。在此过程中会产生很大的冲击电流,但这个过程时间极短。

1. 产生逆磁的原因

(1) 励磁机磁场变阻器的电阻迅速增加。

(2) 励磁机的磁场回路先断开又重新接通时,可能引起励磁

机磁场极性的变化。

（3）励磁机换向器与电刷接触不良，发生瞬间断路，在同步发电机励磁线圈中感应瞬间电势，并引起励磁机磁场电流反向。

（4）发电机发生短路时，会产生巨大的电枢反应，并在发电机励磁线圈中感应出助磁作用的电势 e_2。由该电势产生的电流流入励磁机磁场，使磁场去磁。当这个电流足够大时，励磁机磁场也会改变极性。

（5）在停机检修时，如果在励磁机磁场线圈中通过了反向直流电流（如用电阻法测量励磁线圈电阻时），会使磁场剩磁反向，在下次开机投入运行时，就会出现逆磁现象。

发电机出现逆磁时的现象，为励磁电压表和电流表发生反向偏移，顶住针挡，而其他各仪表均指示正常。

2. 处理方法

可不停机，只需将励磁电流表和电压表的极性对调一下就可以了。待到发电机停机时，再对励磁机重新充磁，使其恢复原有极性。但是必须注意，如果在励磁系统中采用的自动电压调节器中有磁放大器，此时不要再将其投入。

6.4.6　凸极式同步电机转子绕组的维修

1. 转子绕组的检查

（1）检查转子励磁绕组有无变形、松动和极间连接线脱焊等现象。

（2）检查磁极阻尼绕组是否有开焊、断条及与阻尼端环接触不良的情况。

（3）在滑环端测试励磁绕组对转轴或铁芯的绝缘电阻，该值

常温下应在 5MΩ 以上。若绝缘电阻值较低,应进行烘干;若绝缘电阻为零,则应进行故障检查并排除。

（4）测量每个磁极线圈的直流电阻。若某个磁极线圈的电阻值特别小,就表示这只线圈内有短路处,应同时做好标记。

2. 转子绕组的拆卸与检修

当需要修理磁极铁芯,重包极身绝缘,更换磁极线圈绝缘和更换转子的其他零部件时,需要拆卸转子线圈,方法如下。

（1）拆前做好原始记录,首先用平尺与千分尺测量每个磁极外圆对轴中心的表面距离,然后再测量各个磁极的相对位置,打上标志,做好记录。

（2）将每个磁极铁芯和对应的线圈编号,便于装配时“对号入座”,否则会影响转子平衡,增加调整工作。同时要记录每个磁极的轴向方向和位置及扇叶方向与位置。

（3）拆下扇叶(装在磁轭上的扇叶)、阻尼环、连接板和极间撑块。

（4）拆除各磁极线圈引线连接的绝缘与绝缘垫,再烫开接头。

（5）将斜键两端的搭焊点脱焊,打出斜键(成对的斜键应做好记号),然后从磁轭上取下磁极。

（6）从磁极上取下线圈,按编号顺序排列好,分别测量每个线圈的直流电阻值。

（7）将线圈绝缘上的灰尘、油污清理干净,如绝缘完好,要经烘干再浸漆(1 032 漆),再烘干。测量直流电阻值,并与原始记录相比较。

（8）如果磁极铁芯外包主绝缘完好,则先用压缩空气吹净,再用汽油擦拭干净,即可待用。如果绝缘老化或损破,要更换新

绝缘。更换新绝缘前，要彻底拆除旧绝缘（拆除时，要边拆边记录绝缘规格、厚度、尺寸等），使铁芯露出原来颜色，然后用清水冲洗干净，清理毛刺和尖角等缺陷。烘干后，喷一次防锈漆和灰瓷漆。

（9）包极身绝缘，选择新绝缘材料（主绝缘一般用柔软云母板，外层用玻璃漆布），按记录尺寸和厚度裁剪好。将各层排列成阶梯形，用绝缘漆黏合，将铁芯预烘至80℃左右，并将绝缘平伏地紧包在磁极铁芯身上，边包边用电熨斗烫平伏，以防出现褶皱或皱纹。包好后，放入烘箱，用成形模烘压成形。烘培温度、时间与压力根据所包绝缘材料而定。

（10）检查斜键，其全长弯曲度不大于0.3mm（如大于0.3mm时需进行校直），成对斜键厚度之差不大于0.2mm（超过0.2mm时应进行研磨）。将成对斜键装配在一起，夹于钳口中，然后用0.3mm塞尺插入两键接合面的缝隙时不能通过，便可重新使用。如果不符合上面要求，修复工作量又大时，应重新配制斜键。

（11）配制斜键时，按旧键测绘图样，斜面一般取1:1200，斜面与平面表面粗糙度值 R_a 为1.6μm，侧面 R_a 为0.63μm，材料常用45#钢。加工好后配成对，给配好成对的斜键打上标记，以便装配时用。

3. 凸极式同步电机转子的装配

（1）装配前，检查零部件是否齐全，质量是否符合要求，有缺陷的部位是否修理好。

（2）将磁极绕组绝缘垫套装在磁极铁芯上，按拆卸时的标记“对号入座”。绕组与铁芯之间的间隙必须用绝缘垫片、撑块塞

紧，使绕组与铁芯不发生相对移动，并在磁极铁芯外圆表面画出磁极中心线的标记。

（3）将磁极装在转子磁轭上。

① 将编好的磁极装到磁轭对应的位置上，当装好第一个磁极后，接着装对面的一只。以 10 极转子为例，其磁极装配次序为 1，6，2，7，3，8，4，9，5，10。

② 按原始记录检查每个磁极中心线与磁轭中心线的对正情况。每装完一只磁极就要把已研配好的成对斜键初步打入 T 尾或鸽尾槽中，但不能打得太紧，以便抽出来调整。

③ 将全部磁极装好后，要打靠斜键，以及检查磁极外圆到轴中心的高度，以及测量径向尺寸、轴向位置，所测量的参数应符合原始记录。磁极中心线与磁轭中心线应重合，两中心线偏差不应超过 ±0.75mm。在此情况下，将斜键端头点焊牢固。检测磁极绕组的匝间绝缘和绝缘电阻值。

（4）焊接极间连线，一般采用气焊或电阻钎焊，然后再包绝缘。

（5）将阻尼环间的连接片连接好，极间连接片相错开的宽度不应超过片宽的 1/6。直接搭接阻尼环连接的接合面应无间隙，以 0.03mm 塞尺插入接合缝隙处时，应不超过 5mm 深度。钢圈与阻尼环外圆应一致，其对中心偏差不应超过 ±1mm，对螺杆固定式磁极的极间偏差应小于 1.2mm。

（6）装极间撑块。

（7）车削极电环表面，如发现极电环表面有伤痕、粗糙、麻点或轻微灼伤时，可用细玻璃砂布打磨光滑。如凸凹严重，打磨不能解决问题时，则应用车床将集电环表面车光。

（8）装风扇或扇叶。

(9) 转子校平衡。

对于转速为1 500r/min及以上的小型发电机应校动平衡;对于转速为1 000r/min及以下的可只校静平衡。凸极发电机的转子在装配前应将带有线圈的磁极分别称重,使质量接近相等的带线圈磁极能装配在对称的位置上。隐极发电机的转子对称性较好,但绝缘处理时应使其转子轴线垂直于地面(立浸、立滴、立烘),以免因绝缘漆聚积于转子的一侧面影响平衡。

校动平衡时,对于凸极转子,风扇一端采用在风扇上加重的方法,另一端采用在磁极端板上加重的方法;对于隐极转子,风扇一端也采用在风扇上加重的方法,而另一端则一般设有专用的平衡环。

4. 同步电机的凸极线圈重绕后对地耐压试验的要求

凸极线圈对地耐压试验的要求如表6-10所示。

表6-10 凸极线圈的对地绝缘耐压试验电压值 (V)

制造阶段	发电机	电动机、调相机 $U_{fN}<750$	
	$U_{fN}<750$	启动时励磁绕组接电阻 $r\leq 10r_f$ (或短路)	启动时励磁绕组接电阻 $r>10r_f$ (或开路)
1. 绝缘后装入磁轭前[2]	$10U_{fN}+1\ 500$ 最小为3 000,最大为5 000	$10U_{fN}+1\ 500$ 最小为3 000,最大为5 000	$2U_{fm}$[1] $+2\ 500$ 最小为3 000

续表

制造阶段	发电机	电动机、调相机 $U_{fN}<750$	
	$U_{fN}<750$	启动时励磁绕组接电阻 $r\leqslant 10r_f$（或短路）	启动时励磁绕组接电阻 $r>10r_f$（或开路）
2. 装入磁轭后	$10U_{fN}+1\,000$ 最小为 2 500，最大为 4 500	$10U_{fN}+1\,000$ 最小为 2 500，最大为 4 500	$2U_{fm}^{①}+2\,000$ 最小为 2 500
3. 并头和连接线绝缘后	$10U_{fN}+500$ 最小为 2 000，最大为 4 000	$10U_{fN}+500$ 最小为 2 000，最大为 4 000	$2U_{fm}+1\,500$ 最小为 2 000
4. 电机试验完成后，装箱前	$10U_{fN}$ 最小为 1 500，最大为 3 500	$10U_{fN}$ 最小为 1 500，最大为 3 500	$2U_{fm}+1\,000$ 最小为 1 500

注：①U_{fm}为该启动条件下励磁绕组线的端电压，如启动时绕组分段，则为每段线端间的电压。

②采用框架时，线圈可先单独进行耐压试验。

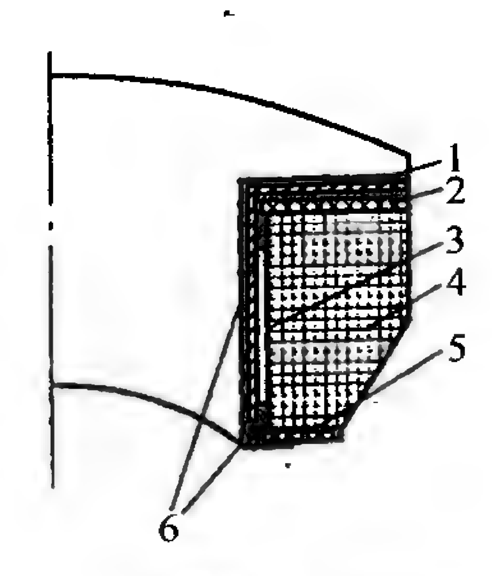
6.4.7 同步电机凸极磁极线圈的绝缘

同步电机的转子绕组在运行中主要受到机械力、热应力和热的作用，但也会受到由于不同原因引起的过电压的作用，因此设计绝缘结构时，对其首、末各 2 ~ 3 匝要加强匝间绝缘；而对地绝缘除了应具有高机械强度外，其耐电强度必须保证达到额定励磁电压的 10 倍以上。

1. 多层多匝磁极线圈绝缘

匝间和层间绝缘为电磁线本身绝缘，其余绝缘结构如图 6-9

和表6-11所示。



1—线圈框架;2—上衬垫;3—极身绝缘;4—线圈;5—下衬垫;6—四角补强绝缘

图6-9　多层多匝磁极线圈的绝缘结构

表6-11　多层多匝磁极线圈

名称	材料	规格(mm)	层数
线圈框架	浸漆处理		
衬垫(上)	环氧玻璃布板及黄玻璃漆布	3	1
衬垫(下)		0.15	2
极身绝缘	聚酯薄膜		
	黄玻璃漆布		
	柔软云母板		
线圈	漆包或双玻璃丝包扁(铜)铝线平绕		
四角补强绝缘	聚酯薄膜	0.05	2
端接头绝缘	黄玻璃漆布	0.15	2

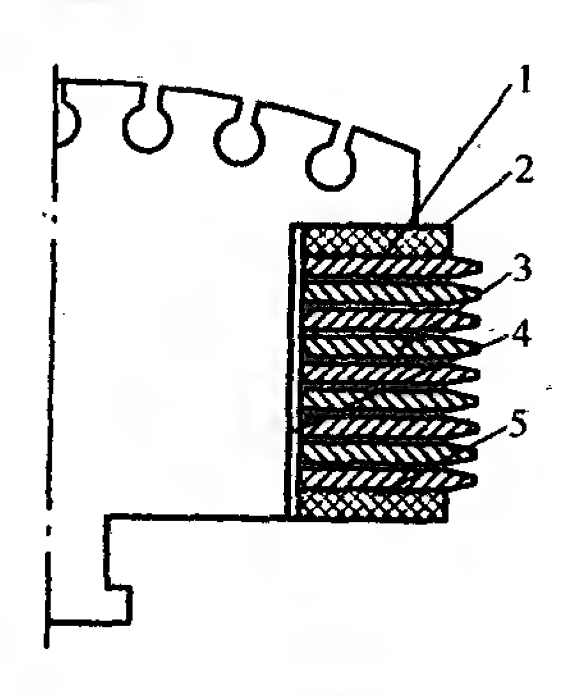
续表

名 称	材 料	规 格(mm)	层 数
端接头套管	黄玻璃漆布		
引出线绝缘	黄玻璃漆布		
线夹绝缘	防霉聚氯乙烯		

套铁芯前线圈浸 1032 漆 2 ~ 3 次，套入铁芯后再浸一次，表面覆盖一层防霉漆(H31 -4)或用无溶剂漆整浸。

2. 单层多匝磁极安全绝缘及工艺要点

(1) 匝间绝缘和对地绝缘。匝间绝缘用环氧酚醛玻璃坯布垫条垫入或用环氧玻璃粉云母带包扎，首末各 2 ~ 3 匝，需加强绝缘。单层多匝磁极线圈绝缘的结构如图 6-10 和表 6-12 所示。



1—匝间绝缘;2—上托板;3—线圈;4—极身绝缘;5—下托板

图 6-10 单层多匝磁极线圈的绝缘结构

表6-12 单层多匝磁极线圈绝缘

名称	材料	规格(mm)	层数	备注
匝间绝缘	环氧玻璃坯布	0.1	4	各末端2~3匝为8层
上托板	环氧玻璃坯布压制件或玻璃布板	>6	各1	中、小容量电动机
下托板		≥15	各1	大容量电动机
线圈	裸扁铜(铝)线			
极身绝缘	环氧玻璃坯布压制件			大容量电动机
	环氧玻璃坯布(内层)	0.1	2	用于中、小容量电动机,刷漆烫包,烘压固化
	醇酸云母板	0.15	4	
	环氧玻璃坯布(外层)	0.1	2	

(2)工艺要点如表6-13所示。

表6-13 单层多匝磁极线圈的工艺要点

工序	工艺要点	备注
绕制	扁绕,无氧退火	
冷压整形	在专用工具上加压整形,压力为3 000~5 000N/cm²	以整平为准
热压	垫匝间绝缘和托板,在80~110℃下逐渐加压,升温到(155±5)℃,热压45~90min,压力约1 000~3 000N/cm²(未压到压力时,尺寸偏小,要在上、下匝间加垫条)	压力的大小以压到规定尺寸为准,但压力不能小于1 000N/cm²

6.4.8 同步电机凸极式转子线圈的绕制

同步电机凸极式转子线圈多采用单层多匝式结构，导线沿窄边绕制，即称扁绕，各匝形状、尺寸相同，可做成矩形或两头呈半圆形的线圈。通常匝间绝缘采用环氧玻璃坯布垫入，经热压固化成形。

修理同步电机时，在重绕转子线圈之前，应先了解或清楚原绕组的匝数，绕组的线规，原绕组线的绝缘等级，以及原绕组匝间采用的是哪种绝缘材料等，然后再进行重绕。

1. 工艺流程

同步电机凸极式转子线圈的典型工艺流程为：

绕线→锉修修角 R 增厚（简称锉 R）→退火→冷压整形→引线加工和焊接→清理垫绝缘→热压→清理引线并搪锡→包首、末匝绝缘→检查与试验。

首批制作的线圈，一般先做首件鉴定，若其尺寸不符要求，应调整好绕线模再成批投入生产。

2. 绕线

（1）设备与模具

凸极式转子线圈是在专用的设备上绕制而成的。目前国内使用的有 NHK－2 绕线机、中型扁绕机和大型扁绕机（PT－35 或者 7 010 扁绕机）。前者是绕制中、小型电机的转子线圈，后者是绕制大、中型电机的转子线圈。

凸极式转子线圈因是扁绕，绕制时铜线有扭转趋势，因此必须用专用模具夹持铜线，控制铜线的扁弯方向，并保证线圈达到要求的形状和尺寸。常用的绕线模种类有机绕模（配 NHK－2 绕

线机),“摇把式”绕线模和“抽片式”绕线模。对于截面尺寸大、宽度比大的铜线,可用“摇把式”绕线模绕制;对于截面尺寸较小、宽度比小的铜线可用“抽片式”绕线模绕制。

(2)绕制

线圈绕制前必须核对铜线型号与规格,检查截面尺寸和外观质量。然后将绕线模安装在绕线机上,检查模具长、宽尺寸。

绕制时将铜线穿过汇总器,并固定在绕线模上,调整好汇总器压紧装置,然后开始绕制。汇总器是一种导向、压紧、校直机构,设有铜线压紧装置。对于不同线规的铜线,通过调整压紧螺钉可获得适当的平直效果和拉紧力。绕线过程中应随时调整压紧力,使铜线保持大致相同的拉紧力,然后保证每匝铜线的尺寸一致。用“抽片式”模子绕制时,汇总器的压紧力以保证铜线既不拉过细,又保证转角 R 部分平整,不出现波纹为宜,一般铜线弯制后转角 R 部分的宽度尺寸不允许小于铜线线规宽度的 90%。绕制过程中必须将铜线与模心 R 处敲打服帖,防止线匝外胀。

采用“摇把式”绕线模时要注意:首先是摇把的压板压力须适当,压力太小铜线会发飘或起波纹,太大会增大设备的载荷,严重时会拉细铜线;其次要求在摇把装好压紧后,方能拆除对角线的另一只摇把,否则会因摇把提前拆除而发生“窜片”,导致长度方向片间不整齐;最后须注意用摇把绕制时开扯要“到位”,开扯过头会严重卡伤铜线,不到位时装摇把有困难。还需注意压板刮伤铜线时须修磨好铜钱再使用。

用 NHK－2 绕线机绕制线圈时,必须适当地调整线规垫片的夹紧量,限位开关、电磁离合器的动作及重锤的质量,以保证线圈转角 R 的扁弯质量和防止线圈鼓肚。

绕线时线圈的绕制方向应符合图样要求;线圈绕到规定的匝数后应留足引线长度,然后剪断,取出线圈。

(3) 铜线焊接

绕线过程中,铜线不够长时允许焊接,但接头位置必须在线圈的直线部位,相邻匝接头应错开 50mm 以上。铜线接头采用 45°斜接,铝线接头采用直对接。铜线焊接采用银铜焊料,牌号为 HIAgCu - 25,焊剂可用脱水硼砂或剂 301;铝线焊接用纯铝丝焊料或剂 401。

焊接时,先将接头处加工到要求的形状,铜线 45°斜角可用专用的铣头机加工,然后将接头对齐,要求接头两边的导线在同一条直线上(不应错位),接头处应保持 0.2mm 左右的间隙。可用气焊进行焊接,并采用中性火焰,火焰中心距导线 4 ~ 5mm,即用外焰加热,防止温度过高使金属结晶变粗,影响其机械强度。当接头呈樱红色时,洒上焊剂,然后放上焊条,使接头处的热量传给焊条,任其自然熔化,填充焊缝。不能用火焰直接烧焊条,以免焊件温度不够时焊条先熔化,形成假焊。

焊好的接头应锉修平整,铜线边缘应倒成圆角,接头必须严格控制尺寸,接缝应平整(不错位),焊缝无气孔、裂纹、假焊等缺陷。

3. 锉 R

铜排扁绕过程中的外沿会扩展开来,而内沿被压缩,因此用矩形铜排绕制时,线圈转角内 R 部分会产生增厚,外 R 部分会产生减薄现象。增厚与减薄量决定了线规宽度和绕制半径 R。铜排宽度、厚度不变时,则绕制半径越小,内 R 越厚,外 R 越薄;绕制半径及铜线厚度不变时,则铜排宽度越宽,内 R 增厚越多,外 R

减薄越多。表6-14为转角半径均是40mm,用不同线规绕制的两种线圈的各匝铜线内R和外R部分的铜线厚度情况。

表6-14 不同线规与增厚的关系 (厚度单位:mm)

线规	3×60								2.5×28			
铜线厚度(内R)	3.41	3.39	3.42	3.39	3.41	3.54	3.41	3.39	2.80	2.80	2.75	2.78
铜线厚度(外R)	2.69	2.77	2.68	2.75	2.81	2.73	2.77	2.68	2.20	2.19	2.20	2.19

增厚部分可使线圈高度尺寸增加(特别在匝数多的情况下),并且在压形时会损坏绝缘,引起匝间短路,因此必须除去增厚部分。去除R增厚部分的方法较多,可以用液压机压平,亦可用风动铣刀逐匝修平,还可以在NHK-2绕机上装一把刮刀,预先将内R增厚部分刮去。对于截面尺寸大的线圈,增厚部分最好用专用的铣床在绕线过程中就除去。

无论用什么方法除去增厚部分,都必须保证铜线公差,并且要考虑线圈的总高度,使其符合要求。锉修部分的铜线边缘应倒成相应的圆角,表面应砂光、无毛刺。

对于大型水轮发电机的转子线圈,为了省去锉修R工序,一般采用特殊的七边形铜排,绕制线圈后内、外R尺寸基本保持一

致。另外,采用七边形铜排可增加线圈的散热面。

4. 退火

铜线绕制后,会因为内部组织变化而变硬。为了消除内应力,使铜线软化,便于冷压整形,绕制线圈后必须进行退火处理。常用的退火设备多为水封式退火炉和真空无氧退火炉。

退火前必须擦洗干净铜线表面的油污,一般用汽油或循环热水冲洗。铜线退火温度为550~600℃,而铝线为400~420℃,保温时间都为2h。铜线退火后,必须检查接头质量,有脱焊的必须进行补焊。若铜线表面氧化,应去除氧化皮。

5. 冷压整形

线圈冷压整形的目的是为了校准线圈的几何形状和外形尺寸,并使各匝铜线平直、整齐。

线圈的冷压整形是在油压机上进行的。整形模由冷压底座、模心及上、下压圈、侧板、压筒等组成。整形时,线圈置于冷压底座上,线圈内框用组合模心撑紧,以保证内框尺寸;线圈外侧处,通过冷压底座上的侧压装置及侧压板将线匝直线部分压靠模心;线圈两端一般靠手工将线匝敲整齐。为了不损伤铜线,敲打时应垫以铜排或胶木板;最后加上压,通过压筒将线匝压平整。

冷压时,要求将线圈形状整规则,其高度尺寸及内框尺寸应符合要求。为了保证线圈的形状,对于大型水轮发电机的转子线圈和特殊要求电机的转子线圈,可以采用两次整形,即在引线加工焊接后再进行一次整形。

6. 引线加工和焊接

线圈冷压整形后,需焊接或铆接引线。由于引线位置是以线圈中心线为基准的,因此首先需画出线圈中心线,然后按图样要

求确定引出线的位置。

硬引线大多采用银铜气焊连接。中、小型电机凸极式转子线圈的引线采用鸠尾连接,需用专用工具在引线及线圈上冲出鸠尾,连接后用银铜气焊焊牢。引线焊接后需进行搪锡处理,为了避免热压时线圈用大电流加热,引起搪锡表面严重氧化、机械划伤和余胶不易清理等问题,引线搪锡工序在匝间绝缘固化后进行。对于特殊要求的线圈,引线则采用镀银处理,一般在线圈冷压整形并接好引线后,铣下带引线的首、末半匝进行引线镀银,然后再与线圈对号焊接。由于加工复杂,线圈热压后不易清理余胶等原因,设计上应采用其他措施减小引线接触电流密度,尽可能不采用镀银引线。

软引线则采用铆接方法连接,引线用多层软纯铜板制作而成,引线与线圈铆接后进行灌锡。

对于铝线线圈,由于铝线的机械强度较差,又不易焊接,引线必须采用铜线,所以一般增设一个铜－铝过渡接头。过渡接头的铝线端与线圈焊接,铜线端与引线连接。由于铜铝焊接难度大,采用铜－铝过渡接头,可用特殊方法(如摩擦焊)预制,这样能获得较好的焊接质量。

7. 匝间绝缘和热压

转子线圈的对地绝缘是固定在磁极身上的,因此线圈上只进行匝间绝缘。凸极式转子线圈的匝间绝缘以往采用的方法是浸漆石棉纸。石棉纸的强度较差,长期运行后匝间绝缘会收缩,从而产生匝间松动等缺陷。到20世纪60年代开始普遍采用玻璃布浸渍环氧酚醛漆做匝间绝缘,每匝垫2～4层。由于同步电机的转子线圈在运行中除了受到机械力、热应力和热的作用外,还

会受到因不同原因引起的过电压作用，因此首、末 2～3 匝要加强匝间绝缘，一般除采取增垫层数之外，还加包绝缘带。

垫匝间绝缘前，需清理导线上的棱角和毛刺，并用酒精擦洗铜线上的油污和杂质，清理干净后方能垫绝缘。

匝间绝缘需事先裁制好，它分直线和端部两部分。垫入线圈时采用对接形式，但每层绝缘接头应错开，为了避免在线圈吊运和压形时绝缘窜位而造成匝间短路，匝间绝缘的宽度比铜线宽3～5mm。

环氧玻璃坯布的成形时间，随坯布的存放时间和温度而变化。坯布须低温储存，尤其是在夏天气温高，玻璃坯布会自身胶化，会造成玻璃坯布成形时间缩短而不易流胶，易引起线圈高度尺寸偏大，甚至匝间绝缘黏结不良而产生开匝现象，影响绝缘质量，因此必须严格控制玻璃坯布的储存时间和温度。

转子线圈热压的目的是使铜线与绝缘黏合成一坚实的整体，并使线圈达到要求的形状和尺寸。凸极式转子线圈热压使用的是热压模，热压模结构与冷压整形模相同，只是线圈与模具接触面都需用绝缘板或绝缘纸隔开。线圈通以直流电进行加热，在油压机上进行热压。

热压时，将线圈装入热压模，在模心与线圈之间垫入绝缘纸和脱模用的玻璃纸。撑好模心，将各线匝敲打整齐，加上侧压力，加压时注意两侧压力平衡，防止线圈倾斜，然后通过直流电加热，待线圈温度升至 60～70℃时进行初压，温度为 90～100℃时进行全压。为控制线圈的高度尺寸，可以在线圈两端加方箱，或用等高块来限制尺寸。全压后升到 150～160℃，保温 30～45min，使绝缘固化后冷却到 70℃以下后卸模。

线圈卸模后，一般情况下不清理内框部分，应清理掉线圈外侧多余的绝缘和余胶，直至露出铜线。要求包首、末匝的线圈前，应先敲开首、末匝，清理掉边缘的余胶后，方可包扎绝缘。包完首、末匝绝缘后，应将包完的线圈表面敲平服。

对于大型水轮发电机的转子线圈，采用7边形铜排后，匝间绝缘的清理工作量和难度较大，故可在绝缘完全固化前，连同模心将线圈吊出，清理外侧绝缘后，再入模继续加热固化。

近年来，水轮发电机的转子线圈采用的是上下托板与线圈热压成一体的结构，并可采用一次压制或两次热压工艺（即线圈热压成形后再与托板压制成一体）。

高速电机转子线圈由于结构尺寸的需要，要求在线圈热压后将直线部分铣去一斜角或铣围带槽。铣削加工后，必须将加工面的铜屑清理干净，以防止铜线被黏连从而引起匝间短路。

8. 检查与试验

线圈绕制完成后，需进行外观和尺寸检查，并进行匝间短路试验。对于铣围带槽和铣斜面的线圈，清理后还需进行第二次匝间短路试验。

6.4.9 使用磁性槽泥改造旧同步电机

1. 磁性槽泥的作用

磁性槽泥具有较好的磁性能、力学性能及耐热性能，将它涂抹在电机定子槽口里固化后即成为磁性槽楔。

旧型电机应用磁性槽泥改造后，不仅可以节约电的1%～2%，而且还可以降低电机温升达10℃以上，从而延长电机的使用寿命，同时对电机的噪声和振动也有所改善。

2. 在抹压磁槽泥进行旧型电机的改造时应注意

（1）首先应掌握和了解磁性槽泥的技术条件和固化条件，以及使用范围与操作程序。

（2）磁性槽泥为粉、溶两剂，使用时将两剂混合并糅合得越均匀越好，使之成为泥状物。

（3）抹压厚度在 0.8 ~ 2mm 之间，最好抹厚 2mm，这样节电效果好。

（4）抹压磁性槽泥时，两人同时操作，工作速度越快越好，否则磁性槽泥会凝结成块，与电机定子槽口抹压不平，就会影响导磁性能和节电效果。

（5）磁性槽泥抹压好后，在常温下需要固化 8h 以上，才能将电机组装；若需要急用，可采用加温措施（将电机定子放入烘炉中或将电机定子用白炽灯烘烤）来加快固化的速度。一定要使磁性槽泥在电机槽口里固化成硬条后才能组装。电机组装好后，还需经过试验合格，才能投入生产运行。

（6）在抹压磁性槽泥前，必须将电机槽壁上的绝缘漆和油污及杂物清除干净，以确保磁性槽泥与槽壁的结合牢固，导磁良好。

（7）为保护好电机端部绝缘和槽口处的槽衬绝缘，还应使用胶纸和纸板对其进行遮盖，以防止在抹压磁性槽泥时损坏绝缘。

6.4.10 磁性槽楔脱落、缺损及松动时的处理

（1）拆开电机，抽出转子。

（2）清理定子铁芯内圆表面，先用压缩空气吹去粉尘，再用甲苯或酒精将铁芯内圆擦洗干净，然后查看槽楔，并将脱落、缺损、松动及高出铁芯的槽楔做好标记。

(3) 先将脱落、缺损、松动及高出铁芯的槽楔从铁芯槽内打出，再清理槽部，然后打入新的磁性槽楔。新的槽楔不能高于铁芯，槽楔及槽楔下面的垫条不能松动，槽楔伸出铁芯长度两端须一致，各段槽楔接口处宜紧密。

(4) 配制胶液。

配方如下：

6101 或 618 环氧树脂(质量分数)	35%
650 聚酰胺固化剂(质量分数)	35%
甲苯或丙酮(质量分数)	30%

按上述质量比例，将 3 种材料在搪瓷杯中充分搅拌均匀，并注意现用现配，用多少配多少，每次配后 0.5h 左右要用完，以防固化失效。

(5) 刷胶。用毛刷蘸上胶液，在定子铁芯下半部分的内圆表面上，逐槽地左右来回刷两次，使胶流入铁芯槽壁与磁楔的缝隙内。然后再用毛刷把铁芯表面的余胶刷匀，使铁芯表面光滑。待所刷的胶基本固化不能流动后，再把电机转过 180°，使已刷胶的部分在上，然后按上述方法将未刷胶的部分刷好胶。

刷胶时，注意不要使胶流进通风道内，以免堵塞通风管。在刷胶过程中由于溶剂挥发，使胶黏度增大时，可随时掺入溶剂稀释。

(6) 用灯泡加热或在室温下使胶固化，最后装配电机。

6.5　小型三相同步发电机的技术数据

6.5.1　T2 系列三相同步发电机的技术数据

T2 系列三相同步发电机的技术数据如表 6-15 所示。

表 6-15 T2 系列三相同步发电机的技术数据

型号	极数	功率 P (kW)	定子铁芯				定子(励磁绕组)				
			外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)	槽数	线规 n_o—d_o 或 n_o—$a \times b$ d_o (mm)	每槽线数	并联路数	绕组形式	节距
T2-160 S_1	4	3	270	190	57	36 QZ	1-φ0.9 1-φ1.16	42 290	1	双叠式	1~8
T2-160 S_2		5	270	190	90	36	1-φ1.16 1-φ1.3	26 230	1		
T2-180 S_1		10	300	210	120	36 QZB	2-φ1.16 1-1.25×2.26	18 147	1		
T2-180 S_2		12	300	210	135	36	2-φ1.25 1-1.25×2.26	16 155	1		
T2-200 S		20	350	245	155	36	1-φ1.56 1-1.81×3.28	22 95	2		
T2-200 M		24	350	245	190	36	2-φ1.25 1-1.81×3.28	18 95	2		
T2-200 L		30	350	245	225	36	1-φ1.35 1-1.81×3.28	30 99	4		
T2-225 M		40	385	270	210	48	2-φ1.62 1-1.95×3.53	12 115	2		1~10

续表

型号	极数	功率 P (kW)	定子铁芯				定子(励磁绕组)				
			外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)	槽数	线规 $n_o—d_o$ 或 $n_o—a\times b$ d_o (mm)	每槽线数	并联路数	绕组形式	节距
T2-225L	4	50	385	270	250	48	3-ϕ1.45 1-1.95×3.53	10 115	2	双叠式	1~10
T2-250M		64	430	290	240	60 QZ	2-ϕ1.45 2-1.5	14 180	4		1~12
T2-250L		75	430	290	280	60	4-ϕ1.56 2-ϕ1.5	6 180	2		1~12
T2-280S		90	493	330	255	60	3-ϕ1.45 3-ϕ1.4	10 162	4		1~14
T2-280L		120	493	330	320	60	7-ϕ1.5 3-ϕ1.4	4 162	2		
T2-355M		200	590	400	350+2×10	60	6-ϕ1.5 4-ϕ1.35	6 180	4		1~13

6.5.2　TSWN、TSN 系列同步发电机的技术数据

TSWN、TSN 系列同步发电机的技术数据如表 6-16 所示。

表 6-16 TSWN、TSN 系列同步发电机的技术数据

型号	极数	功率 P (kW)	定子铁芯				定子(励磁绕组)				
			外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)	槽数	线规 $n_o—d_o$ 或 $n_o—a\times b$ d_o (mm)	每槽线数	并联路数	绕组形式	节距
TS-WN 或 TSN-36.8/14-4	4	18	368	265	140 140	48	1-ϕ1.56 1-1.56×3.28	20	2	双叠式	1~11
TS-WN 或 TSN 36.8/20-4		26	368	265	200 200	48	2-ϕ1.4 1-1.56×3.28	14	2		
TS-WN 或 TSN 36.8/12.5-6		12	368	285	125 125	54	1-ϕ1.3 1-1.56×3.28	28	2		1~9

续表

型号	极数	功率 P (kW)	定子铁芯				定子(励磁绕组)				
			外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)	槽数	线规 $n_o—d_o$ 或 $n_o—a \times b$ d_o (mm)	每槽线数	并联路数	绕组形式	节距
TSWN或TSN36.8/18-6	6	18	368	285	180 180	54	1 - ϕ1.56 1 - 1.45 ×3.05	20	2	双叠式	1～8
TSWN或TSN42.3/20.5-4	4	40	423	305	205 210	48	3 - ϕ1.4 1 - 2.83 ×4.1	12	2		1～11
TSWN或TSN42.3/27-4		55	423	305	270 280	48	2 - ϕ1.4 1 - 2.83 ×4.1	18	4		

续表

型号	极数	功率 P (kW)	定子铁芯				定子(励磁绕组)				
			外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)	槽数	线规 n_o—d_o 或 n_o—$a\times b$ d_o (mm)	每槽线数	并联路数	绕组形式	节距
TSWN 或 TSN42.3/19-6	6	26	423	327	190 190	54	2-ϕ1.35 1-1.56×3.28	16	2	双叠式	1~9
TSWN 或 TSN42.3/25-6		40	423	327	250 260	54	3-ϕ1.35 1-2.44×4.1	12	2		
TSWN 或 TSN49.3/25-6		55	493	384	250 250	72	3-ϕ1.35 1-2.44×4.1	12	3		1~11

续表

型号	极数	功率 P (kW)	定子铁芯				定子(励磁绕组)				
			外径 d (mm)	内径 D (mm)	长度 L (mm)	槽数	线规 $n_o—d_o$ 或 $n_o—a\times b$ d_o (mm)	每槽线数	并联路数	绕组形式	节距
TSWN或TSN49.3/30-6	6	75	493	384	300 300	72	4-ϕ1.35 1-2.44×4.1	10	3	双叠式	1~11
TSWN或TSN49.3/25-8	8	40	493	384	250 250	72	3-ϕ1.3 1-2.44×4.1	10	2		
TSWN或TSN49.3/30-8		55	493	384	300 310	72	4-ϕ1.35 1-2.44×4.1	8	2		1~9

第7章　电动机启动器、启动保护设备及配用导线

7.1　电动机启动器

7.1.1　QZ73系列综合磁力启动器

QZ73系列综合磁力启动器,适合于小容量三相380V/50Hz鼠笼式电动机的控制,具有短路、过载及失压保护作用。启动器为保护式,有金属防尘外壳。

QZ73系列综合磁力启动器的技术数据如表7-1所示。

表7-1　QZ73系列综合磁力启动器的技术数据

<table>
<tr><th>型　号</th><th>热元件额定电流(A)</th><th>熔断器额定电流(A)</th><th>备　注</th></tr>
<tr><td rowspan="6">QZ73－1,2,3,4</td><td>1.1</td><td>2,4</td><td rowspan="9">(1)具有2常开、2常闭连锁触头,额定电流为5A
(2)热元件额定电流22A,用于QZ73－3,5,7时,其整定电流不能大于20A</td></tr>
<tr><td>1.6</td><td>4,5,6</td></tr>
<tr><td>2.4</td><td>6,10</td></tr>
<tr><td>3.5</td><td>10,15</td></tr>
<tr><td>5</td><td>10,15</td></tr>
<tr><td>7.2</td><td>15</td></tr>
<tr><td rowspan="2">QZ73－3,5,7</td><td>11</td><td>20,25,30,35</td></tr>
<tr><td>16</td><td>35,40,50</td></tr>
<tr><td>QZ73－3,5,7,8,9,10</td><td>22</td><td>50,60</td></tr>
</table>

7.1.2　QX3系列自动空气式Y/△启动器

QX3系列自动空气式Y/△启动器，适合在三相380V50Hz小容量鼠笼式电动机的定子绕组由星形切换到三角形接法时的启动与停止用。启动器由接触器、时间继电器、热元件等组成。它分为开启式与保护式两种。

QX3系列自动空气式Y/△启动器的技术数据如表7-2所示。

表7-2　QX3系列自动空气式Y/△启动器的技术数据

型号	热元件额定电流(A)	继电器延时时间(s)	吸引线圈电压(V)	操作频率(次/h)
QX3－13/K	11、16、22	4～16	220V/50Hz 380V/50Hz	30（再次启动间隔时间大于90s）
QX3－13/H	11、16、22			
QX3－30/K	22、32、45			
QX3－30/H	22、32、45			

7.1.3　QJ10系列自耦减压启动器

QJ10系列自耦减压启动器适合于三相380V/50Hz，容量至75kW的鼠笼式电动机的不频繁手动操作的减压启动和停止之用。启动器由外壳、自耦变压器、触头机构、操作机构、保护装置组成，具有过载及欠电压保护，其机械连锁机构可以防止操作手柄有直接启动的可能。自耦变压器备有65%、80%的额定电压比抽头。

QJ10系列自耦减压启动器的技术数据如表7-3所示。

表 7-3 QJ10 系列自耦减压启动器的技术数据

型号	过载保护整定电流(A)	最大启动时间(s)	启动转矩		欠压脱扣电压(V)
			0.65 倍额定电压	0.8 倍额定电压	
QJ10-10	20.5	20	0.35 倍额定转矩	0.64 倍额定转矩	0.35 倍额定电压
QJ0-13	25.7	30			0.35 倍额定电压
QJ10-17	34	40			0.35 倍额定电压
QJ10-22	43	40			0.35 倍额定电压
QJ10-30	58	40			0.35 倍额定电压
QJ10-40	77	60			0.35 倍额定电压
QJ10-55	105	60			0.35 倍额定电压
QJ10-75	142	60			0.35 倍额定电压

7.1.4 QJW6 系列自耦减压启动器

QJW6 系列自耦减压启动器主要适用于 380V/50Hz 的鼠笼式电动机的减压启动与停止;也可以用于绕线式电动机的启动、停止和调速,以及作为三相交流调压器使用,实现对负载功率的连续控制。启动器具有短路、三相过载及断相保护作用。

1. QJW6 系列自耦减压启动器的技术数据

（1）额定工作电压 380V/50Hz；

（2）额定工作电流 80A；

（3）额定电压在 380V 时的控制容量：鼠笼式异步电动机 22kW；绕线式异步电动机 40kW；电阻负载 50kW；

（4）最大允许启动电流 200A；

（5）当电源电压在额定电压的 85% ~105% 之间变化时，输出电压变化小于 5%；

（6）当环境温度在 -10 ~40℃之间变化时，输出电压变化小于 10%；

（7）当电源断相时，延时 2s 动作。

2. QJW6 型启动器的保护特性

QJW6 型启动器的保护特性如表 7-4 所示。

表 7-4　QJW6 型启动器的保护特性

过电流/整定电流(A)	动 作 时 间
1	长期不动作
1.2	<20min
1.5	<3min
6	5 ~30s(可调)
>8	瞬动

7.1.5 XJ01 系列自耦减压启动箱

XJ01 系列自耦减压启动箱适合控制容量至 300kW、380V/50Hz 的鼠笼式电动机做不频繁减压启动、停止用，具有过载及失压保护功能。该启动箱为防护型结构，由自耦变压器、交流接触器、热继电器、时间继电器等元件组成。

XJ01 系列自耦减压启动箱的技术数据如表 7-5 所示。

表 7-5 XJ01 系列自耦减压启动箱的技术数据

<table>
<tr><th>型号</th><th>控制电动机最大功率(kW)</th><th>最大动作电流(A)</th><th>电流互感器电流比</th><th>热继电器整定电流(A)</th><th>连续启动总时间(s)</th></tr>
<tr><td>XJ01-14</td><td>14</td><td>28</td><td>—</td><td>28</td><td>30</td></tr>
<tr><td>XJ01-20</td><td>20</td><td>40</td><td>—</td><td>40</td><td rowspan="2">40</td></tr>
<tr><td>XJ01-28</td><td>28</td><td>56</td><td>—</td><td>56</td></tr>
<tr><td>XJ01-40</td><td>40</td><td>80</td><td>—</td><td>80</td><td rowspan="3">60</td></tr>
<tr><td>XJ01-55</td><td>55</td><td>110</td><td>—</td><td>110</td></tr>
<tr><td>XJ01-75</td><td>75</td><td>142</td><td>—</td><td>142</td></tr>
<tr><td>XJ01-100</td><td>100</td><td>200</td><td>300/5</td><td>3.2</td><td rowspan="5">120</td></tr>
<tr><td>XJ01-115</td><td>115</td><td>230</td><td>300/5</td><td>3.8</td></tr>
<tr><td>XJ01-135</td><td>135</td><td>270</td><td>600/5</td><td>2.2</td></tr>
<tr><td>XJ01-190</td><td>190</td><td>370</td><td>600/5</td><td>3.1</td></tr>
<tr><td>XJ01-225</td><td>225</td><td>410</td><td>800/5</td><td>2.5</td></tr>
</table>

续表

型　　号	控制电动机最大功率(kW)	最大动作电流(A)	电流互感器电流比	热继电器整定电流(A)	连续启动总时间(s)
XJ01-260	260	475	800/5	3	120
XJ01-300	300	535	800/5	3.5	

注：如果连续启动时间的总和达到规定值，则要待4小时冷却后再启动。

7.1.6　XJ1系列低压启动控制箱

XJ1系列低压启动控制箱是应用于延边三角形(△)—三角形(△)启动方式的电动机启动装置。它适于频繁操做并可做Y—△启动，且适合660/380V、50Hz(Y/△)，容量为190kW及以下的三相鼠笼式电动机使用。当电动机有9个出线头时，可做△—△启动及Y—△启动。

1. 电动机绕组各种抽头比时的启动特性

电动机绕组各种抽头比时的启动特性如表7-6所示。

表7-6　电动机绕组各种抽头比时的启动特性

电动机绕组的抽头比	$\frac{启动电流(A)}{额定电流(A)}$
$Z\phi_1 : Z\phi_2 = 1 : 1$	3～3.5
$Z\phi_1 : Z\phi_2 = 1 : 2$	3.6～4.2

续表

电动机绕组的抽头比	启动电流(A)/额定电流(A)
$Z\phi_1 : Z\phi_2 = 2 : 1$	2.6~3.1
Y—△	2~2.3

2. XJ1 系列低压启动控制箱的技术数据

XJ1 系列低压启动控制箱的控制功率及热继电器整定电流如表 7-7 所示。

表 7-7 控制箱的控制功率及热继电器整定电流

型 号	电动机额定功率(kW)	热继电器整定电流(A)
XJ1—11	11	12.7
XJ1—15	15	17.3
XJ1—18	18.5	21.4
XJ1—22	22	25.4
XJ1—30	30	34.7
XJ1—37	37	42.7
XJ1—45	45	52
XJ1—55	55	63
XJ1—75	75	2.2

续表

型 号	电动机额定功率(kW)	热继电器整定电流(A)
XJ1—90	90	1.8
XJ1—110	110	2.2
XJ1—125	125	2.4
XJ1—132	132	—
XJ1—190	190	—

注:控制箱热继电器的整定值,55kW 及以下的需要整定在 $1/\sqrt{3}=I_0$ 值上;75kW 及以上的需要整定在 $1/X\sqrt{3}=I_0$ 值上。
(I_0—所控制电动机的额定电流;X—控制箱内电流互感器的电流变化比。)

7.1.7 XQ01 系列减压启动控制箱

XQ01 系列减压启动控制箱适合于 380V/50Hz、电动机功率至 320kW 的三相鼠笼式电动机的不频繁减压启动与停止用。控制箱由自耦变压器、自动空气开关、交流接触器、热继电器、时间继电器等组成。对于 75kW 以下的电动机,可采用自动控制的方式;对 80kW 及以上的电动机,有手动/自动两种控制方式,用按钮开关进行选择。时间继电器为 5 ~ 100s(可调)。自耦变压器备有额定电流为 65% 及 80% 两组抽头。

XQ01 系列减压启动控制箱的技术数据如表 7-8 所示。

表 7-8 XQ01 系列减压启动控制箱的技术数据

型号	控制电动机功率(kW)	最大工作电流(A)	自耦变压器功率(kW)	电流互感器的电流比	热继电器整定电流(A)
XQ01-17	17	34	17	—	34
XQ01-22	22	44.4	22	—	45
XQ01-30	30	59.5	30	—	60
XQ01-40	40	76.6	40	—	77
XQ01-55	55	105	55	—	105
XQ01-75	75	142	75	300/5	2.3(142)
XQ01-100	100	190	100	300/5	3.2
XQ01-125	125	238	125	400/5	3,3.5
XQ01-135	135	256	135	400/5	3.2
XQ01-160	160	304	160	600/5	2.5
XQ01-190	190	350	190	600/5	2.9
XQ01-220	220	400	220	800/5,600/5	2.5,3.2
XQ01-250	250	450	250	800/5	2.8
XQ01-280	280	497	180	800/5	3.0

7.1.8 XQP 系列频敏启动控制箱

XQP 系列频敏启动控制箱由频敏变阻器、接触器、热继电器、时间继电器等组成，适合于额定电压 380V/50Hz、电流至 600A 的三相绕线式电动机的不频繁启动与停止用。时间继电器为 5～120s(可调)，启动箱能自动完成电动机的启动过程。在启动过程中，转子回路接入的频敏变阻器的阻抗值随电动机转速的上升

(即转子电流频率的降低)而自动减小,从而达到限制启动电流及保证启动转矩的目的,改变了电动机在启动时对电网的冲击影响。电动机在启动时的定子的电流不超过2.5倍的额定电流。从冷态开始,电动机允许连续启动3次,但启动的时间总和不能超过120s,若连续启动时间超过120s,电动机要冷却4小时后方能再启动。

XQP系列频敏启动控制箱的技术数据如表7-9所示。

表7-9　XQP系列频敏启动控制箱技术数据

<table>
<tr><th rowspan="2">型号</th><th colspan="2">控制电动机</th><th rowspan="2">动力回路数×接触器容量(A)</th><th rowspan="2">控制回路电压(V)</th><th colspan="2">频敏变阻器</th><th rowspan="2">电流互感器电流比</th><th rowspan="2">热继电器整定电流(A)</th></tr>
<tr><th>功率(kW)</th><th>定子电流(A)</th><th>型号</th><th>功率(kW)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">XQP/□-14~40</td><td>14~17</td><td>29~35</td><td rowspan="4">1×100(定子)+1×100(转子)</td><td rowspan="10">380</td><td rowspan="10">BP□</td><td>14~17</td><td rowspan="4">—</td><td>29~35</td></tr>
<tr><td>20~22</td><td>40~45</td><td>20~22</td><td>40~45</td></tr>
<tr><td>28~30</td><td>55~60</td><td>28~30</td><td>55~60</td></tr>
<tr><td>40</td><td>80~85</td><td>40</td><td>80~85</td></tr>
<tr><td rowspan="2">XQP□45~60</td><td>45</td><td>99</td><td rowspan="2">1×150(定子)+1×150(转子)</td><td>45</td><td rowspan="3">200/5</td><td>2.4</td></tr>
<tr><td>55~60</td><td>108~121</td><td>55~60</td><td>2.7~3.0</td></tr>
<tr><td rowspan="4">XQP□-65~115</td><td>65~75</td><td>140~150</td><td rowspan="4">1×250(定子)+1×250(转子)</td><td>65~75</td><td>3.5</td></tr>
<tr><td>80</td><td>158~169</td><td>80</td><td>300/5</td><td>2.6~2.8</td></tr>
<tr><td>95~100</td><td>182~197</td><td>95~100</td><td>300/5</td><td>3.0~3.3</td></tr>
<tr><td>110~115</td><td>211~238</td><td>110~115</td><td>400/5</td><td>2.6~2.0</td></tr>
</table>

续表

型号	控制电动机		动力回路数×接触器容量（A）	控制回路电压（V）	频敏变阻器		电流互感器电流比	热继电器整定电流（A）
	功率（kW）	定子电流（A）			型号	功率（kW）		
XQP□-130~185	130~135	246~267	1×400（定子）+1×400（转子）	380	BP□	130~135	400/5	3.1~3.3
	155	288~304				155	600/5	2.4~2.5
	180~185	327~350				180~185		2.7~2.9
XQP□-210~300	210~225	399~405	1×600（定子）+1×600（转子）			210~225		3.3~3.4
	240	436				240	800/5	2.7
	245~260	466				245~260		2.9
	280	510				280		3.2
	300	535				300	800/5	3.3

7.2 电动机保护设备及配用导线的技术数据

7.2.1 Y系列电动机启动保护设备及配用导线

Y系列电动机启动保护设备及配用导线如表7-10所示。

表7-10　Y系列电动机启动保护设备及配用导线

型号	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	轻载全压启动								BLX/BLV导线截面(mm²)/钢管直径(mm)		
				熔管电流/熔体电流(A)				铁壳开关(A)	电磁启动器等级/热元件额定电流(A)					
Y				RL1	RM10	RT10	RTO		QC8	QC10	QC12	25℃	30℃	35℃
801—4	0.55	1.6	10	15/4				15/5						
801—2		1.9	13			20/6								
802—4	0.75	2.1	14	15/5					2/6 / 2.4	2/6 / 2.4	2/H / 2.4			
90S—6		2.3	14		15/6									
802—2		2.6	18	15/6										
90S—4	1.1	2.7	18			20/10	50/10	15/10	2/6 / 3.5	2/6 / 3.5	2/H / 3.5	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
90L—6		3.2	19											
90S—2		3.4	24	15/10										
90L—4	1.5	3.7	24		15/10	20/15			2/6 / 5	2/6 / 5	2/H / 5			
100L—6		4.0	24											

续表

<table>
<tr><th>型号</th><th rowspan="2">功率(kW)</th><th rowspan="2">额定电流(A)</th><th rowspan="2">启动电流(A)</th><th colspan="8">轻载全压启动</th><th colspan="3">BLX/BLV导线截面(mm^2)
钢管直径(mm)</th></tr>
<tr><th>Y</th><th colspan="4">熔管电流/熔体电流(A)</th><th rowspan="2">铁壳开关(A)</th><th colspan="3">电磁启动器等级
热元件额定电流(A)</th><th rowspan="2">25℃</th><th rowspan="2">30℃</th><th rowspan="2">35℃</th></tr>
<tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>RL1</th><th>RM10</th><th>RT10</th><th>RTO</th><th>QC8</th><th>QC10</th><th>QC12</th></tr>
<tr><td>90L—2</td><td rowspan="4">2.2</td><td>4.7</td><td>33</td><td>15/15</td><td rowspan="4">15/15</td><td></td><td rowspan="4">50/15</td><td>15/10</td><td rowspan="2">$\frac{2/6}{5}$</td><td rowspan="2">$\frac{2/6}{5}$</td><td rowspan="2">$\frac{2/H}{5}$</td><td rowspan="10">$\frac{2.5}{G15}$</td><td rowspan="10">$\frac{2.5}{G15}$</td><td rowspan="10">$\frac{2.5}{G15}$</td></tr>
<tr><td>100L1—4</td><td>5.0</td><td>35</td><td>60/20</td><td rowspan="3">20/20</td><td rowspan="3">15/15</td></tr>
<tr><td>112M—6</td><td>5.6</td><td>34</td><td rowspan="2">15/15</td><td rowspan="2">$\frac{2/6}{7.2}$</td><td rowspan="2">$\frac{2/6}{7.2}$</td><td rowspan="2">$\frac{2/H}{7.2}$</td></tr>
<tr><td>132S—8</td><td>5.8</td><td>32</td></tr>
<tr><td>100L—2</td><td rowspan="4">3.0</td><td>6.4</td><td>45</td><td rowspan="4">60/20</td><td rowspan="4">60/20</td><td rowspan="2">20/20</td><td rowspan="5">50/20</td><td rowspan="4">15/15</td><td rowspan="3">$\frac{2/6}{7.2}$</td><td rowspan="3">$\frac{2/6}{7.2}$</td><td rowspan="3">$\frac{2/H}{7.2}$</td></tr>
<tr><td>100L2—4</td><td>6.8</td><td>48</td></tr>
<tr><td>132S—6</td><td>7.2</td><td>47</td><td rowspan="4">30/25</td></tr>
<tr><td>132M—8</td><td>7.7</td><td>43</td><td rowspan="3">$\frac{2/6}{11}$</td><td rowspan="3">$\frac{2/6}{11}$</td><td rowspan="3">$\frac{2/H}{11}$</td></tr>
<tr><td>112M—2</td><td rowspan="2">4.0</td><td>8.2</td><td>57</td><td rowspan="2">60/30</td><td rowspan="2">60/25</td><td rowspan="2">30/20</td></tr>
<tr><td>112M—4</td><td>8.8</td><td>62</td><td>50/30</td></tr>
</table>

续表

型号	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	轻载全压启动								BLX/BLV导线截面(mm²)/钢管直径(mm)		
				熔管电流/熔体电流(A)				铁壳开关(A)	电磁启动器等级/热元件额定电流(A)					
Y				RL1	RM10	RT10	RTO		QC8	QC10	QC12	25℃	30℃	35℃
132M1—6	4.0	9.4	61	60/30	60/25	30/25	50/30	30/20	2/6 / 11	2/6 / 11	2/H / 11	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
160M1—8		9.9	59				50/30							
132S1—2	5.5	11	78	60/35	60/35	30/30	50/30	30/25	3/6 / 11	3/6 / 11	3/H / 11			
132S—4		12	81											
132M2—6		13	82						3/6 / 16	3/6 / 16	3/H / 16			
160M2—8		13	80											
132S2—2	7.5	15	105	60/50	60/45	60/40	50/40	30/30						
132M—4		15	108											
160M—6		17	111						3/6 / 24	3/6 / 24	3/H / 22			4 / G20
160L—8		18	97	60/40										

续表

<table>
<tr><th>型号</th><th rowspan="3">功率
(kW)</th><th rowspan="3">额定
电流
(A)</th><th rowspan="3">启动
电流
(A)</th><th colspan="8">轻载全压启动</th><th colspan="3">BLX
BLV导线截面(mm²)
钢管直径(mm)</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Y</th><th colspan="4">熔管电流/熔体电流(A)</th><th rowspan="2">铁壳
开关
(A)</th><th colspan="3">电磁启动器等级
热元件额定电流(A)</th><th rowspan="2">25℃</th><th rowspan="2">30℃</th><th rowspan="2">35℃</th></tr>
<tr><th>RL1</th><th>RM10</th><th>RT10</th><th>RTO</th><th>QC8</th><th>QC10</th><th>QC12</th></tr>
<tr><td>160M1—2</td><td rowspan="4">11</td><td>22</td><td>153</td><td rowspan="10">100/
80</td><td rowspan="4">60/
45</td><td rowspan="4">60/
50</td><td rowspan="4">50/
50</td><td rowspan="4">60/
40</td><td rowspan="2">4/6
24</td><td rowspan="2">4/6
24</td><td rowspan="2">4/H
22</td><td rowspan="4">4
G20</td><td rowspan="2">4
G20</td><td rowspan="2">4
G20</td></tr>
<tr><td>160M—4</td><td>23</td><td>158</td></tr>
<tr><td>160L—6</td><td>25</td><td>160</td><td rowspan="4">4/6
33</td><td rowspan="4">4/6
33
35</td><td rowspan="4">4/H
32</td><td rowspan="4">6
G20</td><td rowspan="3">6
G20</td></tr>
<tr><td>180L—8</td><td>25</td><td>151</td></tr>
<tr><td>160M2—2</td><td rowspan="4">15</td><td>29</td><td>206</td><td rowspan="6">100/
80</td><td rowspan="4">60/
60</td><td rowspan="4">100/
60</td><td rowspan="4">60/
60</td><td rowspan="4">6
G20</td></tr>
<tr><td>160L—4</td><td>30</td><td>212</td><td rowspan="3">10
G25</td></tr>
<tr><td>180L—6</td><td>32</td><td>205</td><td rowspan="3">4/6
45</td><td rowspan="3">4/6
45</td><td rowspan="3">4/H
45</td><td rowspan="4">10
G25</td></tr>
<tr><td>200L—8</td><td>34</td><td>205</td></tr>
<tr><td>160L—2</td><td rowspan="2">18.5</td><td>36</td><td>249</td><td rowspan="2">100/
80</td><td rowspan="2">100/
80</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">10
G25</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>180M—4</td><td>36</td><td>251</td><td>5/6
57</td><td>5/6
50</td><td>5/H
45</td></tr>
</table>

续表

型号 Y	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	轻载全压启动 熔管电流/熔体电流(A) RL1	RM10	RT10	RTO	铁壳开关(A)	电磁启动器等级/热元件额定电流(A) QC8	QC10	QC12	BLX BLV 导线截面(mm²)/钢管直径(mm) 25℃	30℃	35℃
200L1—6	18.5	38	245	100/80	100/80	100/80	100/80		5/6 / 57	5/6 / 50	5/H / 45	10 / G25	10 / G25	16 / G32
225S—8		41	248											
180M—2	22	42	295	100/100									16 / G32	
180L—4		43	298											
200L2—6		45	290						5/6 / 86		5/H / 63	16 / G32		
225M—8		48	286											
200L1—2	30	57	398		200/125	100/100	100/100		5/6 / 86	5/6 / 72	5/H / 63		25 / G32	25 / G32
200L—4		57	398											
225M—6		60	387											
250M—8		63	378							6/6 / 72	6/H / 85	25 / G32		

续表

<table>
<tr><th rowspan="2">型　号</th><th rowspan="3">功率
(kW)</th><th rowspan="3">额定
电流
(A)</th><th rowspan="3">启动
电流
(A)</th><th colspan="8">轻载全压启动</th><th colspan="3">BLX
BLV 导线截面
(mm²)</th></tr>
<tr><th colspan="4">熔管电流/熔体电流(A)</th><th rowspan="2">铁壳
开关
(A)</th><th colspan="3">电磁启动器等级
热元件额定电流(A)</th><th colspan="3">钢管直径(mm)</th></tr>
<tr><th>Y</th><th>RL1</th><th>RM10</th><th>RT10</th><th>RTO</th><th>QC8</th><th>QC10</th><th>QC12</th><th>25℃</th><th>30℃</th><th>35℃</th></tr>
<tr><td>200L2—2</td><td rowspan="4">37</td><td>70</td><td>489</td><td rowspan="10"></td><td rowspan="8">200/
100</td><td rowspan="10"></td><td rowspan="4">200/
120</td><td rowspan="10"></td><td rowspan="7">6/6
86</td><td rowspan="3">6/6
72</td><td rowspan="7">6/H
85</td><td rowspan="3">25/G32</td><td rowspan="2">25/G32</td><td rowspan="4">35/G40</td></tr>
<tr><td>225S—4</td><td>70</td><td>489</td></tr>
<tr><td>250M—6</td><td>72</td><td>468</td><td rowspan="5">35/G40</td></tr>
<tr><td>280S—8</td><td>79</td><td>472</td><td rowspan="6">6/6
100</td><td rowspan="5">35/G40</td></tr>
<tr><td>225M—2</td><td rowspan="5">45</td><td>84</td><td>587</td><td rowspan="4">200/
150</td><td rowspan="5">50/G50</td></tr>
<tr><td>225M—4</td><td>84</td><td>589</td></tr>
<tr><td>280S—6</td><td>85</td><td>555</td></tr>
<tr><td>280M—8</td><td>93</td><td>559</td><td rowspan="2">6/6
125</td><td rowspan="2">6/H
120</td><td rowspan="3">50/G50</td></tr>
<tr><td>315S—10</td><td>98</td><td>637</td><td rowspan="2">200/
200</td><td rowspan="2">200/
200</td><td rowspan="2">50/G50</td></tr>
<tr><td>250M—2</td><td>55</td><td>103</td><td>719</td><td>7/6
125</td><td>7/6
110</td><td>6/H
120</td><td></td></tr>
</table>

续表

型　号	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	轻载全压启动								BLX/BLV 导线截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
				熔管电流/熔体电流(A)				铁壳开关(A)	电磁启动器等级/热元件额定电流(A)					
Y				RL1	RM10	RT10	RTO		QC8	QC10	QC12	25℃	30℃	35℃
250M—4	55	103	718		200/200		200/200		7/6/125	7/6/110	6/H/120	50/G50	50/G50	70/G50
280M—6		105	682											
315S—8		109	709							7/6/150		70/G50	70/G50	
315M2—10		120	780											
280S—2	75	140	981		350/225		400/250		7/6/176		7/H/160			95/G70
280S—4		140	978											
315S—6		142	923											
315M1—8		148	923										95/G70	
315M3—10		160	1040		350/260				7/5/176		7/K/160	95/G70		120/G70

注：铁壳开关栏内的分子数字为开关额定电流，分母数字为熔体额定电流。

7.2.2 JS系列电动机启动保护设备及配用导线

JS系列电动机启动保护设备及配用导线如表7-11所示。

7.2.3 J、JO系列电动机启动保护设备及配用导线

J、JO系列电动机启动保护设备及配用导线如表7-12所示。

7.2.4 JO_2系列电动机启动保护设备及配用导线

JO_2系列电动机启动保护设备及配用导线如表7-13所示。

7.2.5 J_2系列电动机启动保护设备及配用导线

J_2系列电动机启动保护设备及配用导线如表7-14所示。

7.2.6 JR系列绕线型电动机控制设备及配用导线

JR系列绕线型电动机控制设备及配用导线如表7-15所示。

7.2.7 三相异步电动机的熔丝选择

电动机的熔丝是用来做过载和短路保护的，应选择合理。选择的熔丝过大，会使电动机在发生过载或短路故障时得不到保护而烧毁；选择过小又会造成电动机运行不稳定，经常停机。所以电动机熔丝的额定电流的选择以电动机额定电流的1.5~2.5倍为宜。

1. 单台电动机熔丝额定电流($I_{熔}$)的选择

$$I_{熔}=(1.5\sim2.5)\times I_N(\mathrm{A})$$

式中 I_N——电动机的额定电流(A)。

2. 多台电动机熔丝额定电流(I_Σ)的选择

$$I_\Sigma=(1.5\sim2.5)\times I_{max}+(I_1+I_2+\cdots+I_n)$$

式中 I_Σ——多台电动机的总熔丝额定电流(A)；

I_{max}——多台电动机中的最大容量额定电流(A)；

$(I_1+I_2+\cdots+I_n)$——其他电动机的额定电流。

表 7-11 JS 系列电动机启动保护设备及配用导线

型号	功率(kW)	额定电流(A)	全压启动电流(A)	轻载全压启动					降压启动	BLX/BLV 导线截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
				熔器电流/熔体电流(A)		电磁启动器等级/热元件电流(A)			自耦降压器启动器型号			
				RM10	RTO	QC8	QC10	QC12		25℃	30℃	35℃
JS115—10	45	97	427	200/125	200/120	6/6 125	6/6 100	6B/H 120	QJ12A—15 或 QJD3—55	50/G50	50/G50	50/G50
JS116—10	55	121	532	200/160	200/ 150		6B/H120	7/H160	Q12A—150	70/G50	70/G50	70/G50
JS115—8	60	120	600	200/206			7/6 150A	7/H 160A	QJD3—55 QJD3—75 或 QJ12A—150			
JS117—10	65	139	556	200/160		7/6 170						95/G70
JS116—8	70	139	667	200/200	200/ 200							
JS115—6	75	140	686									
JS117—8 JS125—10	80	159 163	779 782						XJ01—100 或 QJ12A—250	95/G70	95/G70	120/G70
JS116—6 JS125—8 JS126—10	95	176 184 193	898 846 869	350/225	400/ 250					120/G70	120/G70	160/G70

续表

型　号	功率(kW)	额定电流(A)	全压启动电流(A)	轻载全压启动 熔器电流/熔体电流(A)		轻载全压启动 电磁启动器等级/热元件电流(A)			降压启动 自耦降压器启动器型号	BLX/BLV导线截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
				RM10	RTO	QC8	QC10	QC12		25℃	30℃	35℃
JS126—8	110	212	975							150/G70	150/G70	2(70)/2G50
JS117—6	115	212	1 272	350/300	400/300				XJ01—100			
JS114—4		212	1 124	350/260					XJ01—115		2(70)/2G50	
JS127—10		232	1 090		400/250							
JS125—6	130	238	1 404	350/300	400/350				XJ01—135			
JS127—8		250	1 175	350/260	400/300					2(70)/2G50		2(95)/2G70
JS128—10		259	1 191									
JS115—4	135	249	1 370	350/300	400/350							2(70)/2G50
JS116—4	155	285	1 793	200/430	400/400				XJ01—155	2(95)/2G70	2(95)/2G70	2(120)/2G70
JS126—6		283	1 670	350/350	400/350							

续表

型　号	功率(kW)	额定电流(A)	全压启动电流(A)	轻载全压启动 熔器电流/熔体电流(A)		轻载全压启动 电磁启动器等级/热元件电流(A)			降压启动 自耦降压器启动器型号	BLX/BLV 导线截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
				RM10	RTO	QC8	QC10	QC12		25℃	30℃	35℃
JS128—8	155	298	1 537	350/350	400/350				XJ01—155	2(95)/2G70	2(95)/2G70	2(120)/2G70
JS137—10		294	1 583									
JS117—4	180	320	1 903	600/430	600/450				XJ01—180 或 XJD1—190		2(120)/2G70	
JS136—8		336	1 848		600/400							2(150)/2G70
JS138—10		330	1 720									
JS127—6	185	337	2 050		600/450				XJO1—190			
JS137—8	210	390	2 106						XJ01—225 或 XJD1—255	2(120)/2G70	2(150)/2G70	2(185)/2G80
JS128—6	215	390	2 340	600/500	600/560							

表 7-12 J、JO 系列电动机启动保护设备及配用导线

电动机					选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 J	型号 JO	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ10 - 100/250		BBLX 导线 BLV 截面 (mm²)/钢管直径(mm)		
					额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
31—4	31—2 31—4	0.6	1.6	11.2	10/6	5/5	15/6	—	15/6	2/6 / 2.4	2/6 / 2.4	2/H / 2.4	1.6	2	2.5/G15	2.5/G15	2.5/G15
31—2 32—4 41—6	32—2 32—4 41—6	1.0	2.26 2.45 2.84	15.8 17.2 18.5	15/10	5/10	15/10	—	15/10	2/6 / 3.5	2/6 / 3.5	2/H / 3.5	4	3	2.5/G15	2.5/G15	2.5/G15
32—2 41—4 42—6	41－2 41－4 42－6	1.7	3.64 3.9 4.43	25.5 27.3 28.0	15/10	15/15	15/15	—	15/10	2/6 / 5	2/6 / 5	2/H / 5	4 6.4	4.5	2.5/G15	2.5/G15	2.5/G15
41—2 42—4 51—6	42－2 42－4 51－6	2.8	5.8 6.1 6.7	40.6 42.7 43.6	15/15	60/20	60/20	—	15/15	2/6 / 7.2	2/6 / 7.2	2/H / 7.2	6.4 4	6.5 10	2.5/G15	2.5/G15	2.5/G15

续表

电动机					选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号		功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RC1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ10 − $\frac{100}{250}$		BBLX 导线 BLV 截面(mm²)/钢管直径(mm)		
J	JO				额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
42—2	51—2	4.5	9.15	64	30/20	60/30	60/35	100/30	30/25	$\frac{2/6}{11}$	$\frac{2/6}{11}$	$\frac{2/H}{11}$	10	10	$\frac{2.5}{G15}$	$\frac{2.5}{G15}$	$\frac{2.5}{G15}$
51—4	51—4		9.5	66.5													
52—6	52—6		10.2	66.3													
61—8	62—8		10.6	58.3					30/20				16	15			
51—2	52—2	7.0	13.8	96.6	60/40	60/40	60/45	100/40	60/40	$\frac{3/6}{16}$	$\frac{3/6}{16}$	$\frac{3/H}{16}$	16	20	$\frac{2.5}{G15}$	$\frac{2.5}{G15}$	$\frac{2.5}{G15}$
52—4	52—4		14.5	101.5													
61—6	62—6		15.5	100.8													
62—8	63—8		16.3	89.7					30/30				25				
52—2	62—2	10	19.4	135.8	60/50	60/60	60/60	100/50	60/50	$\frac{3/6}{24}$	$\frac{3/6}{24}$	$\frac{3/H}{22}$	25	20	$\frac{4}{G15}$	$\frac{4}{G15}$	$\frac{4}{G15}$
61—4	62—4		19.9	139.3													
62—6	63—6		21.5	139.8													
71—8	72—8		22.3	122.7										—			

续表

电动机					选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号		功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ10 - $\frac{100}{250}$		BBLX 导线 BLV 截面(mm²)/钢管直径(mm)		
J	JO				额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
61—2	63—2	14	27.5	192.5	60/60	100/80	100/80	100/60	60/60	$\frac{4/6}{33}$	$\frac{4/6}{35}$	$\frac{4/H}{32}$	40	—	$\frac{6}{G20}$	$\frac{6}{G20}$	$\frac{10}{G25}$
62—4	63—4		27.6	193.2													
71—6	72—6		28.5	185.3													
72—8	73—8		30	165													
62—2	72—2	20	38	266	100/100	—	100/100	100/80	100/100	$\frac{4/6}{45}$	$\frac{4/6}{45}$	$\frac{4/H}{45}$	40	—	$\frac{10}{20}$	$\frac{10}{G25}$	$\frac{16}{G32}$
71—4	72—4		39	273													
72—6	73—6		40.5	263.3												$\frac{16}{G32}$	
81—8	82—8		42.5	233.8			100/80						50				
71—2	73 - 2	28	53	371	—	—	200/125	200/125	—	$\frac{5/6}{57}$	$\frac{5/6}{72}$	$\frac{5/H}{63}$	60		$\frac{16}{G32}$	$\frac{25}{G32}$	$\frac{25}{G32}$
72—4	73 - 4		54	378													
81—6	82 - 6		55.5	360.8													
82—8	83 - 8		58.5	321.8				100/100		$\frac{5/6}{86}$							

续表

电动机					选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号		功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			$DZ10-\frac{100}{250}$		BBLX 导线、BLV 截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
J	JO				额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
72—2	82—2	40	74.5	484	—	—	200/200	200/150	—	$\frac{6/6}{86}$	$\frac{6/6}{100}$	$\frac{6/H}{85}$	80		$\frac{25}{G32}$	$\frac{35}{G40}$	$\frac{50}{G50}$
81—4	82—4		77	500.5													
82—6	83—6		78	507			200/160								$\frac{35}{G40}$		
91—8	93—8		81.5	448.3													
81—2	83—2	55	102.2	664.3	—	—	350/225	200/200	—	$\frac{6/6}{125}$	$\frac{6/6}{100}$	$\frac{6/H}{120}$	120		$\frac{50}{G50}$	$\frac{50}{G50}$	$\frac{70}{G70}$
82—4	83—4		104.4	678.6													
91—6	93—6		105	682.5			200/200			$\frac{7/6}{125}$	$\frac{6/6}{150}$	$\frac{7/H}{120}$					
92—8	94—8		110	605													
82—2	93—2	75	138	897	—	—	350/260	400/250	—	$\frac{7/6}{176}$	$\frac{7/6}{150}$	$\frac{7/H}{160}$	140		$\frac{70}{G70}$	$\frac{95}{G70}$	$\frac{95}{G70}$
91—4	93—4		142	923													
92—6	94—6		140	910													

注:J、JO 型电动机在同功率同极数时的电流基本相同,本表仅列出 J 型电动机的电流数据。

表 7-13　JO_2 系列电动机启动保护设备及配用导线

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 JO_2	功率 (kW)	额定电流 (A)	启动电流 (A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ4 − $\frac{25}{50}$	DZ5 − 20	BBLX 导线 BLV 截面 (mm^2)/钢管直径(mm)		
				额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
11—2 12—4 21—6	0.8	1.85 2.06 2.31	13 14 15	10/6	15/6	15/6	—	15/6	2/6 / 2.4	2/6 / 2.4	2/H / 2.4	2.5	3	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
12—2 21—4 22—6	1.1	2.44 2.68 3.01	17 19 20	10/10	15/10	15/10	—	15/10	2/6 / 3.5	2/6 / 3.5	2/H / 3.5	4	3	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
21—2 22—4 31—6	1.5	3.24 3.49 3.92	23 24 25	15/10	15/10	15/10	—	15/10	2/6 / 5	2/6 / 5	2/H / 5	4	4.5	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
22—2 31—4 32—6 4—8	2.2	4.65 4.9 5.46 6.1	33 34 35 34	15/15	15/15	15/15	—	15/15	2/6 / 7.2	2/6 / 7.2	2/H / 7.2	6.4	6.5	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15

续表

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 / JO_2	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型 / 额定电流(A)	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ4 - $\frac{25}{50}$	DZ5 - 20	BBLX 导线 BLV 截面 (mm²) / 钢管直径(mm)		
				额定电流(A)								热脱扣器额定电流(A)				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
31—2 32—4 41—6 42—8	3.0	6.17 6.5 7.07 7.89	43 46 46 43	15/15	60/20	60/20	—	15/15	2/6 / 11	2/6 / 11	2/H / 11	10	10	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
32—2 41—4 42—6 51—8	4.0	8.06 8.4 9.15 9.64	56 59 59 53	30/20	60/25	60/25	—	30/20	2/6 / 11	2/6 / 11	2/H / 11	10	10	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
41—2 42—4 51—6 52—8	5.5	11 11.3 12.3 12.8	77 79 80 70	30/30	60/35	60/35	100/40 100/30	30/30	3/6 / 16	3/6 / 16	3/H / 16	16	15	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15

续表

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 JO₂	功率 (kW)	额定电流 (A)	启动电流 (A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型 额定电流 (A)	磁力启动器等级 / 热元件额定电流(A)			DZ4 - 25/50	DZ5 - 20	BBLX 导线 BLV 截面 (mm^2) / 钢管直径(mm)		
				额定电流(A)								热脱扣器额定电流(A)				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
42—2	7.5	14.8	104	60/40	60/50	60/45	100/50	60/40	3/6 / 24	3/6 / 24	3/H / 22	16	20	2.5 / G15	2.5 / G15	2.5 / G15
51—4		15.1	106													
52—6		16.3	106				100/40									
61—8		17	94									25				
51—2	10	19.7	138	60/50	60/60	60/60	100/50	60/50	3/6 / 24	3/6 / 24	3/H / 22	25	20	4 / G15	4 / G15	4 / G15
52—4		20	140													
61—6		21.3	138										—			
62—8		21.8	120													
52—2	13	25.5	178	60/60	100/80	100/80	100/60	60/60	4/6 / 33	4/6 / 35	4/H / 32	40	—	4 / G15	6 / G20	6 / G20
61—4		25.6	179													
62—6		27.2	177											6 / G20		
71—8		27.9	154													

续表

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ4 - 25/50	DZ5 - 20	BBLX 导线 BLV 截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
JO$_2$				额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
61—2	17	324	227	100/80	100/80	100/80	100/80	—	$\frac{4/6}{45}$	$\frac{4/6}{45}$	$\frac{4/H}{45}$	40	—	$\frac{10}{G25}$	$\frac{10}{G25}$	$\frac{10}{G25}$
62—4		32.9	230													
71—6		34.8	226				100/60									
72—8		35.8	197													
71—2	22	42	294	—	100/100	100/100	100/100	—	$\frac{5/6}{57}$	$\frac{5/6}{59}$	$\frac{5/H}{63}$	50	—	$\frac{10}{G25}$	$\frac{16}{G32}$	$\frac{16}{G32}$
71—4		42.5	298													
72—6		44.3	288				100/80							$\frac{16}{G32}$		
81—8		46	253													
72—2	30	56	392	—	—	200/160	200/120	—	$\frac{5/6}{86}$	$\frac{5/6}{72}$	$\frac{5/H}{63}$	60	—	$\frac{16}{G32}$	$\frac{25}{G32}$	$\frac{25}{G32}$
72—4		57.6	404													
81—6		59.3	386			200/125	100/100							$\frac{25}{G32}$		
82—8		61.6	340													

续表

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 JO$_2$	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RC1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型 额定电流(A)	磁力启动器等级 / 热元件额定电流(A)			DZ4-$\frac{25}{50}$ 热脱扣器额定电流(A)	DZ5-20	BBLX BLV 导线截面(mm^2) / 钢管直径(mm)		
				额定电流(A)												
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
81—2	40	74.3	483	—	—	200/160	200/150	—	$\frac{6/6}{86}$	$\frac{6/6}{100}$	$\frac{6/H}{85}$	80	—	$\frac{25}{G32}$	$\frac{35}{G40}$	$\frac{35}{G40}$
81—4		75	487													
82—6		77.4	502				200/120							$\frac{35}{G40}$		
91—8		80.3	442													
82—2	55	101	656	—	—	350/225	200/200	—	$\frac{6/6}{125}$	$\frac{6/6}{100}$	$\frac{6/H}{120}$	120	—	$\frac{50}{G50}$	$\frac{50}{G50}$	$\frac{70}{G70}$
82—4		102.6	667													
91—6		104	676			200/200			$\frac{7/6}{125}$	$\frac{7/6}{150}$	$\frac{7/H}{120}$				$\frac{70}{G70}$	
92—8		109.5	602													
91—2	75	136.2	885	—	—	350/260	400/250	—	$\frac{7/6}{176}$	$\frac{7/6}{150}$	$\frac{7/H}{160}$	140	—	$\frac{70}{G70}$	$\frac{95}{G70}$	$\frac{95}{G70}$
91—4		137.7	895													
92—6		139.5	906													

表 7-14　J_2 系列电动机启动保护设备及配用导线

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 J_2	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型 额定电流(A)	磁力启动器等级 热元件额定电流(A)			DZ4 − $\frac{25}{50}$	DZ5 −20	BBLX 导线 BLV 截面(mm^2) 钢管直径(mm)		
				额定电流(A)								热脱扣器额定电流(A)				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
61—8	7.5	17.1	94	30/30	60/40	60/45	100/40	30/30	$\frac{3/6}{24}$	$\frac{3/6}{24}$	$\frac{3/H}{22}$	25	20	$\frac{2.5}{G15}$	$\frac{2.5}{G15}$	$\frac{4}{G15}$
61—6 62—8	10	21.4 22.1	139 122	60/50	60/60	60/60	100/50	60/50	$\frac{3/6}{24}$	$\frac{3/6}{24}$	$\frac{3/H}{22}$	25	—	$\frac{4}{G15}$	$\frac{4}{G15}$	$\frac{4}{G15}$
61—4 62—6 71—8	13	25.5 27.4 28	179 178 154	60/60	100/80	100/80	100/60	60/60	$\frac{4/6}{33}$	$\frac{4/6}{35}$	$\frac{4/6}{32}$	40	—	$\frac{4}{G15}$ $\frac{6}{G20}$	$\frac{6}{G20}$	$\frac{6}{G20}$
61—2 62—4 71—6 72—8	17	32.5 33 35 36	228 231 228 198	100/80	100/80	100/80	100/80 100/60	—	$\frac{4/6}{45}$	$\frac{4/6}{45}$	$\frac{4/H}{45}$	40	—	$\frac{10}{G25}$	$\frac{10}{G25}$	$\frac{10}{G25}$

续表

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 J_2	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型 额定电流(A)	磁力启动器等级 / 热元件额定电流(A)			DZ4 - $\frac{25}{50}$ 热脱扣器额定电流(A)	DZ5 - 20	BBLX 导线 BLV 截面(mm²) / 钢管直径(mm)		
				额定电流(A)												
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
62—2	22	41.7	291	100/100	100/100	100/100	100/100	—	$\frac{5/6}{57}$	$\frac{5/6}{50}$	$\frac{5/H}{63}$	40	—	$\frac{10}{G25}$	$\frac{16}{G32}$	$\frac{16}{G32}$
71—4		42.5	298													
72—6		44.4	288				100/80							$\frac{10}{G32}$		
81—8		46	253													
71—2	30	56	392	—	—	200/160	200/120	—	$\frac{5/6}{86}$	$\frac{5/6}{72}$	$\frac{5/H}{63}$	60	—	$\frac{16}{G32}$	$\frac{25}{G32}$	$\frac{25}{G32}$
72—4		57.6	403													
81—6		59.3	386			200/125	100/100							$\frac{16}{G32}$		
82—8		61.6	339													
72—2	40	73.9	480	—	—	200/160	200/150	—	$\frac{6/6}{86}$	$\frac{6/6}{100}$	$\frac{6/H}{85}$	60	—	$\frac{25}{G32}$	$\frac{35}{G40}$	$\frac{50}{G50}$
81—4		75	488													
82—6		77.4	502				100/120							$\frac{35}{G40}$		
91—8		80.3	442													

续表

电动机				选用熔断器				铁壳开关	QC8	QC10	QC12	自动开关		25℃	30℃	35℃
型号 J₂	功率(kW)	额定电流(A)	启动电流(A)	RG1A	RL1	RM10	RTO	HH3 或 HH4 型	磁力启动器等级/热元件额定电流(A)			DZ4-25/50	DZ5-20	BBLX 导线 BLV 截面(mm^2)/钢管直径(mm)		
				额定电流(A)				额定电流(A)				热脱扣器额定电流(A)				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
81—2	55	99.8	650	—	—	350/225	200/200	—	6/6 / 125	6/6 / 100	6/H / 120	120	—	50/G50	50/G50	70/G70
82—4		103	670													
91—6		104	676			200/200			7/6 / 125	7/6 / 150	7/H / 120				70/G70	
92—8		109.5	602													
82—2	75	135	878	—	—	350/260	400/250	—	7/6 / 176	7/6 / 150	7/H / 160	140	—	70/G70	95/G70	95/G70
91—4		137.5	895													
92—6		139.5	906													

表 7-15　JR 系列绕线型电动机控制设备及配用导线

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)		转子电流(A)		控制柜型号	BBLX 导线截面(mm^2)及钢管直径 G(mm)							
								定子				转子			
								30℃		35℃		轻载		重载	
			上机	哈机	上机	哈机		BBLX	G	BBLX	G	BBLX	G	BBLX	G
JR114-4	115	213	195	201	377	359	GTT6121-43D3	2(3×70)	2(70)	2(3×70)	2(70)	3×70	70	3×120	80
JR115—4	135	251	227	234	376	358	GTT6121-53D3	2(3×70)	2(70)	2(3×95)	2(70)	3×70	70	3×120	80
JR116—4	155	288	272	273	358	350		2(3×95)	2(70)	2(3×95)	2(70)	3×70	70	3×120	80
JR117—4	180	327	295	305	398	365		2(3×95)	2(70)	2(3×120)	2(80)	3×95	70	3×150	100
JR126—4	225	405	296	300	498	478		2(3×150)	2(100)	2(3×95)	3(70)	3×100	80	2(3×70)	2(70)
JR127—4	260	466	339	342	480	478		3(3×95)	3(70)	2(3×120)	3(80)	3×95	70	2(3×70)	2(70)
JR128—4	300	535	396	400	473	471	—	3(3×120)	3(80)	3(3×150)	3(100)	3×95	70	2(3×70)	2(70)
JR115—6	75	145	140	167	348	293	CTT6121-43D3	3×95	70	3×95	70	3×70	70	3×120	80
JR116—6	95	182	168	200	364	306		3×120	80	3×150	100	3×70	70	3×120	80
JR117—6	115	218	211	223	345	335		2(3×70)	2(70)	2(3×70)	2(70)	3×70	70	3×120	80
JR125—6	130	246	187	193	441	431		2(3×70)	2(70)	2(3×70)	2(70)	3×95	70	2(3×70)	2(70)
JR126—6	155	292	218	230	453	430	CTT6121-53D3	2(3×95)	2(70)	2(3×95)	2(70)	3×95	70	2(3×70)	2(70)
JR127—6	185	350	274	462	462	432		2(3×120)	2(80)	2(3×150)	100	3×95	70	2(3×70)	2(70)

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)		转子电流(A)		控制柜型号	BBLX导线截面(mm^2)及钢管直径G(mm)							
								定　子				转　子			
								30℃		35℃		轻载		重载	
			上机	哈机	上机	哈机		BBLX	G	BBLX	G	BBLX	G	BBLX	G
JR128—6	215	402	281	300	487	456	GTT6121－53D3	2(3×150)	2(70)	3(3×95)	3(70)	3×95	70	2(3×70)	2(70)
JR136—6	240	436	407	416	370	373		3(3×95)	3(70)	3(3×95)	3(70)	3×70	70	3×150	80
JR137—6	280	510	490	499	361	358		3(3×120)	3(70)	3(3×150)	3(80)	3×70	70	3×120	70
JR115—8	60	121	189	200	203	195	GTT6121－43D3	3×70	70	3×70	70	3×35	40	3×50	50
JR116—8	70	140	213	226	211	200		3×95	70	3×95	70	3×35	40	3×50	50
JR117—8	80	158	243	258	212	199		3×95	70	3×120	70	3×35	40	3×50	50
JR125—8	95	182	214	246	287	247		3×120	70	3×150	80	3×50	50	3×95	70
JR126—8	110	211	244	288	292	243		2(3×70)	2(70)	2(3×70)	2(70)	3×50	50	3×95	70
JR127—8	130	248	285	314	270	263		2(3×70)	2(70)	2(3×70)	2(70)	3×50	50	3×70	70
JR128—8	155	296	340	367	290	287	GTT6121－53D3	2(3×95)	2(70)	2(3×95)	2(70)	3×50	50	3×95	70
JR136—8	180	350	353	359	325	324		2(3×120)	2(70)	2(3×150)	2(80)	3×70	70	3×95	70
JR137—8	210	399	392	399	341	338		2(3×150)	2(80)	3(3×95)	3(70)	3×70	70	3×95	70
JR138—8	245	464	443	450	355	353		3(3×95)	3(70)	3(3×120)	3(80)	3×70	70	3×120	80

续表

型号	额定功率(kW)	定子电流(A)	转子电压(V)		转子电流(A)		控制柜型号	BBLX导线截面(mm^2)及钢管直径G(mm)							
								定子				转子			
								30℃		35℃		轻载		重载	
			上机	哈机	上机	哈机		BBLX	G	BBLX	G	BBLX	G	BBLX	G
JR115—10	45	99	132	138	221	213	GTT6121-33D3	3×50	40	3×70	70	3×35	40	3×70	70
JR116—10	55	121	153	152	225	239		3×70	70	3×70	70	3×35	40	3×70	70
JR117—10	65	142	176	190	256	220	GTT6121-43D3	3×95	70	3×95	70	3×50	50	3×70	70
JR125—10	80	169	167	170	312	309		3×95	70	3×120	80	3×70	70	3×95	70
JR126—10	95	197	188	204	329	297		3×150	70	3×150	100	3×70	70	3×95	70
JR127—10	115	238	225	236	330	310		2(3×70)	2(70)	2(3×70)	2(70)	3×70	70	3×95	70
JR128—10	130	267	252	277	340	295		2(3×70)	2(70)	2(3×95)	2(70)	3×70	70	3×95	70
JR137—10	155	304	351	427	283	232	GTT6121-53D3	2(3×95)	2(70)	2(3×95)	2(70)	3×50	50	3×70	70
JR138—10	180	350	387	475	300	242		2(3×120)	2(80)	2(3×150)	2(100)	3×70	70	3×95	70

注：上机为上海电机厂，哈机为哈尔滨电机厂。

3. 常用电动机熔丝的技术数据

常用三相异步电动机熔丝的技术数据如表7-16所示，铅熔丝的规格如表7-17所示。

表7-16　常用三相异步电动机熔丝的技术数据

序号	电动机的额定功率(kW)	熔断丝的额定电流(A)
1	1.0～1.1	3
2	1.5	5
3	1.7	6
4	2.2	7
5	2.8～3.0	8
6	4.0	10
7	4.5	12
8	7.0～7.5	20
9	10.0	25
10	14.0	40
11	17	50
12	20	60
13	28	75(熔体)

续表

序号	电动机的额定功率(kW)	熔断丝的额定电流(A)
14	40	100(熔体)
15	55	150(熔体)
16	75	200(熔体)

表 7-17　铅熔丝的规格

熔丝直径(mm)	熔丝截面(mm^2)	额定电流(A)	熔断电流(A)
0. 08	0. 005	0. 25	0. 5
0. 15	0. 018	0. 5	1. 0
0. 20	0. 031	0. 75	1. 5
0. 22	0. 038	0. 8	1. 6
0. 25	0. 049	0. 9	1. 8
0. 28	0. 062	1	2
0. 29	0. 066	1. 05	2. 1
0. 32	0. 080	1. 1	2. 2
0. 35	0. 096	1. 25	2. 5
0. 36	0. 102	1. 35	2. 7
0. 40	0. 126	1. 5	3
0. 46	0. 066	1. 85	3. 7
0. 52	0. 212	2	4

续表

熔丝直径(mm)	熔丝截面(mm^2)	额定电流(A)	熔断电流(A)
0. 54	0. 229	2. 25	4. 5
0. 60	0. 283	2. 5	5
0. 71	0. 40	3	6
0. 81	0. 52	3. 75	7. 5
0. 98	0. 75	5	10
1. 02	0. 82	6	12
1. 25	1. 23	7. 5	15
1. 51	1. 79	10	20
1. 67	2. 19	11	22
1. 75	2. 41	12	24
1. 98	3. 08	15	30
2. 40	4. 52	20	40
2. 78	6. 07	25	50
2. 95	6. 84	27. 5	55
3. 14	7. 74	30	60
3. 81	11. 40	40	80
4. 12	13. 33	45	90
4. 44	15. 48	50	100
4. 91	18. 93	60	120
5. 24	21. 57	70	140

第8章　电动机及其控制电路的常用计算

8.1　电动机的常用计算公式

8.1.1　三相异步电动机的常用公式

本章说明:由于在计算中涉及的参数表多,本手册不能一一给出,具体需要的参数,请查阅《实用电工计算手册》,上海科学技术出版社出版的。

1. 额定电压 U_n

额定电压指在电动机满载运行状态下,电源接到定子绕组上的线电压,其单位为V。

2. 额定电流 I_n

额定电流指的是电动机在额定电压下输出额定功率时,其定子绕组的线电流,其单位为A。

3. 额定功率 P_n

额定功率指的是在额定电压、额定电流下,电动机允许满载输出时的功率,其单位为W、kW。

4. 效率 η

电动机的效率为输出功率 P_2 与输入功率 P_1 之比,用%表示。

$$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\% \tag{8-1}$$

5. 功率因数 $\cos\varphi$

功率因数是有功功率与视在功率的比值。对于电动机来说,

减少定子与转子之间的气隙数值，增加线圈匝数有利于提高 $\cos\varphi$。

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} I_n U_n} \tag{8-2}$$

电流、电压、功率、功率因数、效率之间的关系式为

$$I_n = \frac{1\,000 P_n}{\sqrt{3} U_n \cos\varphi \cdot \eta} (\mathrm{A}) \tag{8-3}$$

式中，1 000 是换算系数，即将千瓦(kW)换算成瓦(W)。

6. 三相异步电动机的同步转速 n_0

同步转速即定子旋转磁场的转速。

$$n_0 = \frac{f}{p} \times 60 \tag{8-4}$$

式中　f——交流电的频率，单位为 Hz；我国工频为 50Hz；

p——磁极对数，如 2 极电动机，$p=1$；4 极，$p=2$。

7. 转差率 S

异步电动机的额定转速 n 与定子旋转磁场的同步转速 n_1 的转速差$(n_1 - n)$与定子旋转磁场的转速 n_1 的比值为转差率，用百分数表示。

$$S = \frac{(n_1 - n)}{n_1} \times 100\% \tag{8-5}$$

式中　n_1——电动机的同步转速(r/min)；

n——电动机的额定转速(r/min)。

电动机的转速 n 总是略小于旋转磁场的转速 n_1。

当电动机静止不动时$(n=0)$，S 为 1；当电动机转速与同步转速相同时$(n_1=n)$，S 为 0。异步电动机的转差率在 0 与 1 之间变

化。常用异步电动机在额定负载时的 S 均为 2% ~5%。如果转差率过大,电动机的运行将不稳定。

异步电动机的转差率 S、转子同步转速 n_1 与电动机额定转速 n 的关系式为

$$n=(1-S)n_1 \tag{8-6}$$

换算关系应用举例如下。

例 8-1 一台三相四极异步电动机,电源频率为 50Hz,额定转速为 1 430r/min,求转差率。

解:按式(8-4)求出同步转速为

$$n_1=\frac{f}{p}\times 60=\frac{50}{2}\times 60=1\ 500(\mathrm{r/min})$$

根据公式(8-5)求出转差率为

$$S=\frac{n_1-n}{n_1}\times 100\%=\frac{1\ 500-1\ 430}{1\ 500}\times 100\%=4.67\%$$

例 8-2 一台三相六极异步电动机,电源频率为 50Hz,其转差率为 3.0%,求电动机的额定转速。

解:按公式(8-4)求出同步转速 n_1 为

$$n_1=\frac{f}{p}\times 60=\frac{50}{3}\times 60=1\ 000(\mathrm{r/min})$$

按公式(8-6)求出转子额定转速 n 为

$$n=(1-S)n_1=(1-0.03)\times 1\ 000=970(\mathrm{r/min})$$

8. 温升 θ

电动机绕组的工作温度与环境温度的差值即为温升,用℃表示(新标准温度单位用 K 表示)。

$$\theta=\frac{R_2-R_1}{R_1}(K+t_1)+(t_2-t_1) \tag{8-7}$$

式中　R_2——电动机在额定负载下测定的电阻值(Ω)；

R_1——电动机在静止冷态下测定的电阻值(Ω)；

t_2——额定负载时的环境温度(℃)；

t_1——测定 R_1 时的环境温度(℃)；

K——系数，铜绕组为 235，铝绕组为 228。

9. 绝缘电阻

绝缘电阻是反映电动机及其他电气设备性能好坏的重要依据。

新电动机或停用 3 个月以上的电动机在使用前，应检查其绕组间及绕组对地(外壳)的绝缘电阻。对绕线式转子电动机，还应检查转子绕组及滑环对地(外壳)及滑环之间的绝缘。通常每 1kV 工作电压的绝缘电阻不得小于 1MΩ。

通常 500V 以下的电动机用 500V 兆欧表(也叫摇表)测量，500～3 000V 的电动机用 1 000V 兆欧表测量，3 000V 以上的电动机用 2 500V 兆欧表测量。一般三相 380V 电动机的绝缘电阻只有大于 0.5MΩ 后方可使用。

表 8-1 为常见国产兆欧表的型号及数据。

表 8-1　常见国产兆欧表的型号及数据

型　号	额定电压(V)	测量范围(MΩ)	用　途	特　点
ZC11D-1 ZC7-11	100	0～500	测量电信零件、低压电器、仪表的绝缘电阻	由手摇发电机及硅整流系统、磁电系流比计组成
ZC11D-2 ZC7-12	250	0～1 000		
ZC11D-3 ZC7-13	500	0～2 000		
ZC11D-4 ZC7-14	1 000	0～5 000	测量高压电机电缆的绝缘电阻	
ZC11D-5 ZC7-15	2 500	0～10 000		

续表

型　号	额定电压(V)	测量范围(MΩ)	用　途	特　点
ZC42-1	100/250	0～100 0～200	测量电信零件、低压电器、仪表的绝缘电阻	由交流220V电源供电的带有整流电路、电子放大器及μA表的装置
ZC42-2	250/500	0～200 0～500	测量高压电机电缆的绝缘电阻	
ZC42-3	500/1 000	0～500 0～1 000		
ZC48-1	2 500	0～50 000	测量高压电机电缆的绝缘电阻	由交流220V或干电池供电的晶体管电子电路的装置
ZC48-2	5 000	0～100 000		

8.1.2　三相异步电动机的参数计算

1. 旋转磁场的转速计算

往三相异步电动机的定子绕组中通入三相对称交流电时，将在定子的气隙中产生旋转磁场。其转速称为同步转速，计算式为

$$n_0 = \frac{60f_1}{p} \tag{8-8}$$

式中　n_0——同步转速(r/min)；

f_1——电源频率(Hz)；

p——磁极对数。

在我国工频为50Hz的情况下，可得出表8-2。

表 8-2　磁极对数 p 与同步转速 n_0 的关系

p	1	2	3	4	5	6
n_0	3 000	1 500	1 000	750	600	500

2. 转速与转差率的计算

三相异步电动机的转速为

$$n = (1 - S) n_0 \tag{8-9}$$

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \tag{8-10}$$

式中　n——电动机的转速(r/min)；

S——转差率，通常在额定情况下，$S = 1.5\% \sim 6\%$。

3. 定子电势和电压的计算

气隙中的旋转磁场在通过定子绕组时，将在定子每相绕组中产生感应电势，其值为

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 \Phi K_{W1} \tag{8-11}$$

式中　E_1——感应电势(V)；

f_1——定子的电源频率(Hz)；

Φ——每极磁通量(Wb)；

K_{W1}——定子绕组系数；

N_1——每条支路的串联匝数，且分为双层和单层两种，

$$\text{双层为} \quad \frac{2p}{a} q N_c \tag{8-12}$$

$$\text{单层为} \quad \frac{p}{a} q N_c \tag{8-13}$$

式中　p——极对数；

a——并联支路对数；

q——每极每相槽数；

N_C——线圈的匝数。

加在每相绕组上的电压为

$$u_1 = i_1 R_1 + (-e_{\sigma 1}) + (-e_1) \tag{8-14}$$

式中 i_1——定子电流(A)；

R_1——定子电阻(Ω)；

$e_{\sigma 1}$——定子漏感电势(V)；

e_1——定子感应电势(V)。

其对应的相量式为

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 R_1 + j\dot{I}_1 X_1 + (-\dot{E}_1) \tag{8-15}$$

式中 $\dot{I}_1$——定子电流(A)；

R_1——定子每相绕组的电阻(Ω)；

X_1——定子每相绕组的感抗(Ω)；

$\dot{E}_1$——定子的感应电势(V)。

由于 R_1 和 X_1 较小，可忽略，于是 $\dot{U} \approx \dot{E}_1$。

4. 转子电势和功率因数的计算

由理论推导可得转子电势为

$$E_2 = 4.44 s f_1 N_2 \Phi \tag{8-16}$$

因在转子不转时，$n=0$，则 $S=1$，得

$$E_{20} = 4.44 f_1 N_2 \Phi \tag{8-17}$$

故

$$E_2 = sE_{20} \tag{8-18}$$

又由理论推导可得转子功率因数为

$$\cos\varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2 + X_2}} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2 + (sX_{20})^2}} \tag{8-19}$$

式中　R_2——转子电阻（Ω）；

X_2——转子电抗（Ω）；

S——转差率；

X_{20}——转子停转时的电抗（Ω）。

5. 转矩计算

由推导可得转子转矩为

$$M = C_M \Phi_m I'_2 \cos\varphi_2$$

$$C_M = \frac{3}{\sqrt{2}} W_1 K_{W1} p, I'_2 = \frac{I_2}{K_i} \tag{8-20}$$

式中　C_M——转矩系数；

W_1——定子绕组匝数；

K_{W1}——定子绕组系数；

p——磁极对数；

Φ_m——与绕组相连的主磁通最大值（Wb）；

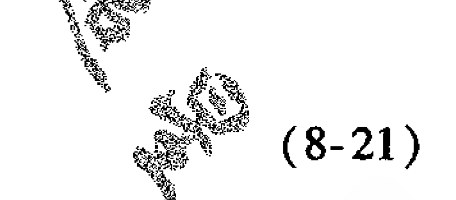
I'_2——转子电流的折算值（A）；

K_i——异步电动机的电流变比；

$\cos\varphi_2$——转子电路的功率因数。

额定转矩计算式为

$$M_N = 9\,550 \frac{P_N}{n_N} \tag{8-21}$$



式中　P_N——额定功率（W）；

n_N——额定转速（r/min）。

最大转矩计算式为

$$M_{max} = \lambda M_N \tag{8-22}$$

式中　λ——过载系数,为 1.8 ~2.2。

$$M_{max} = K\frac{U_1}{2X_{20}} \tag{8-23}$$

式中　U_1——定子电压(V);

K——转矩系数;

X_{20}——转子停转时的电抗(Ω)。

启动转矩的计算式为

$$M_{st} = K\frac{R_2 U_1}{R_2 + X_{20}} \tag{8-24}$$

6. 机械特性的计算

由理论推导可得

$$M = K\frac{SR_2 U_1}{R_2 + (sX_{20})^2} \tag{8-25}$$

即得到的是 $M=f(S)$ 的关系式,其对应曲线如图 8-1 所示。

根据 $S=\frac{n_0 - n}{n_0}$,当 $n=n_0$ 时,$S=0$;当 $n=0$ 时,$S=1$。将 S 轴换成 n 轴,且平移 M 轴,再将二轴坐标顺转 90°得常用的机械特性曲线 $n=f(M)$,如图 8-2 所示。

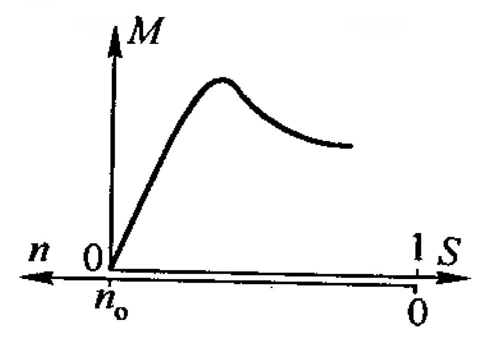


图 8-1　M—S 关系曲线

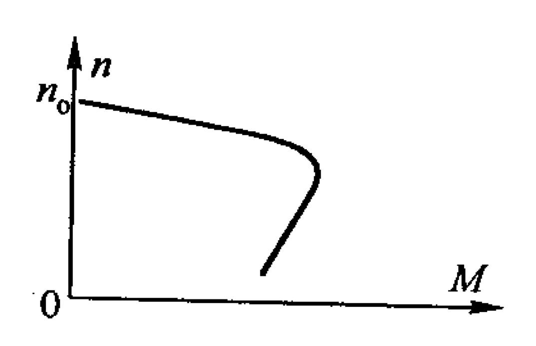


图 8-2　n—M 关系曲线

8.1.3　三相异步电动机空壳绕组的计算

首先要测量定子铁芯的下列数据：

定子铁芯外径 D_1(cm)；

定子铁芯内径 D(cm)；

定子铁芯长度 L(cm)；

定子槽数 Z；

定子槽截面积 S_s(mm^2)；

定子齿宽 b_t(cm)；

定子轭高 h_c(cm)。

1. 极数计算

$$2p=(0.35\sim0.4)\frac{Zb_t}{h_c} \tag{8-26}$$

式中　p——极对数。

2. 极距计算

$$\tau=\frac{\pi D}{2p} \tag{8-27}$$

3. 气隙磁通密度的选择

根据铁芯尺寸从表8-3中选择气隙磁通密度 B_g。

4. 每极磁通计算

$$\Phi=0.632\tau LB_g\times0.92 \tag{8-28}$$

式中　τ——极距(m)；

B_g——气隙磁通密度(T)。

5. 轭部磁通密度计算

$$B_c = \frac{\Phi}{2h_c L \times 0.92} \tag{8-29}$$

计算结果应在表8-3所列的范围内。

表8-3 小型异步电动机定子绕组电磁计算的参考数据

数值名称	符号	单位	定子铁芯外径(mm)		
			150~250	200~350	350~450
线负荷	A	A/m	15 000~25 000	20 000~35 000	35 000~40 000
气隙磁通密度	B_g	T	0.6~0.7	0.65~0.75	0.7~0.8
轭部磁通密度	B_c	T	1.1~1.5	1.2~1.5	1.3~1.5
齿部磁通密度	B_t	T	1.3~1.6	1.4~1.7	1.5~1.8
防护式电动机定子绕组的电流密度	j_n	A/mm^2	5~6	5~5.6	5~5.6
封闭式电动机定子绕组的电流密度	j_b	A/mm^2	4.8~5.5	4.2~5.2	3.7~4.2

6. 齿部磁通密度计算

$$B_t = \frac{1.57\Phi}{\frac{Z}{2p} b_t L \times 0.92} \tag{8-30}$$

7. 压降系数 K_E 的选取

小型电动机的 K_E 取0.86,中型电动机取0.9,大型电动机取0.91。同时还要确定绕组形式,首先从双层短距绕组的绕组系数

K_{W1}（表8-4）中查出 K_{W1}，然后再确定绕组接线方式（Y形接法或△形接法），最后根据电源电压确定每相定子绕组承受的电压 U_1，以备后面计算所需。

8. 每相绕组的匝数计算

$$N_1 = \frac{K_E U_1 \times 10^{-2}}{2.22 K_{W1} \Phi} \tag{8-31}$$

式中 K_{W1}——绕组系数，查表8-4；

K_E——压降系数，$K_E = 0.88 \sim 0.97$，功率大的取较大值。

表8-4 双层短距绕组的绕组系数（K_{W1}）

K_{W1} \ q	β								
	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
1	0.997	0.988	0.972	0.951	0.924	0.891	0.853	0.809	0.760
2	0.963	0.954	0.939	0.919	0.893	0.861	0.824	0.784	0.734
3	0.957	0.948	0.933	0.913	0.887	0.855	0.819	0.777	0.730
4	0.955	0.947	0.931	0.911	0.855	0.854	0.817	0.775	0.728
5 ~ 7	0.954	0.946	0.930	0.910	0.853	0.853	0.816	0.774	0.727

注：K_{W1} 的选取与绕组的分布元件数（即每极每相的槽数 q）及短节距的比例$\left(\beta = \frac{y}{\tau}, y\text{ 为线圈节距}, \tau\text{ 为极距}\right)$有关。

9. 每槽导线数计算

$$W_1 = \frac{6aN_1}{Z} \tag{8-32}$$

式中 a——定子绕组的并联支路对数；

Z——定子槽数。

10. 导线截面积的计算

$$S=\frac{K_T S_s}{W_1} \tag{8-33}$$

式中 K_T——为填充系数，其值的选取与绝缘导线种类有关。当采用双纱漆包圆铜线时，K_T 取 0.28 ~ 0.3；当采用单纱漆包圆铜线时，K_T 取 0.3 ~ 0.33；当采用漆包圆铜线时，K_T 取 0.34 ~ 0.36。

S_s——槽的横截面积（mm^2）。

11. 选取电流密度 j（见表 8-3）

12. 相电流计算

$$I_{pa}=ag_1 j \tag{8-34}$$

式中 I_{pa}——相电流（A）；

g_1——每根导线的截面积（mm^2）。

13. 线负荷计算

$$A=\frac{6I_{pa}N_1\times10^2}{\pi D} \tag{8-35}$$

计算结果应在表 8-3 的范围内。

14. 电动机的功率计算

$$P=\sqrt{3}UI\eta\cos\varphi\times10^{-3} \tag{8-36}$$

式中 $\eta,\cos\varphi$——分别为效率和功率因数，可查 JO_2 系列异步电动机的技术数据表。

例 8-3　一台封闭式鼠笼式异步电动机，其铭牌和绕组数据已遗失，测得定子铁芯的数据如下：

定子铁芯外径 $D_1=145mm$；

定子铁芯内径 $D=9cm$；

定子铁芯长度 $L=10\text{cm}$；

定子槽数 $Z=24$；

定子槽截面积 $S_s=129.4\text{mm}^2$；

定子齿宽 $b_t=0.5\text{cm}$；

定子轭高 $h_c=1.0\text{cm}$。

试根据以上数据进行重绕计算。

解：(1) 确定电源电压为三相，50Hz，380V

(2) 估算极数

$$2p=(0.35\sim0.4)\frac{Zb_t}{h_c}$$
$$=(0.35\sim0.4)\frac{24\times0.5}{1}$$
$$=4.2\sim4.8$$

取 $2p=4$ 极。

(3) 求极距

$$\tau=\frac{\pi D}{2p}=\frac{3.14\times9}{4}=7.07(\text{cm})$$

(4) 根据铁芯尺寸从表8-3中选择气隙磁通密度 B_g。

由于铁芯外径接近150mm，选定气隙磁通密度 $B_g=0.6\text{T}$。

(5) 计算每极磁通

$$\Phi=0.632\tau LB_g\times0.92$$
$$=0.632\times0.07\times0.1\times0.6\times0.92$$
$$=0.0024\text{Wb}$$

(6) 验算轭磁通密度

$$B_c=\frac{\Phi}{2h_cL\times0.92}=\frac{0.0024}{2\times0.01\times0.1\times0.92}$$

$$=1.34\text{T}$$

其值符合表8-3所允许的条件，即B_c在1.1～1.5T的范围内。

（7）验算齿部磁通密度

$$B_t=\frac{1.57\Phi}{\frac{Z}{2p}b_tL\times0.92}$$

$$=\frac{1.57\times0.0024}{\frac{24}{4}\times0.005\times0.1\times0.92}=1.36(\text{T})$$

其值符合表8-3所允许的条件，即B_t在1.3～1.6T的范围内。

（8）确定绕组系数及接法

因本电动机属于小容量电动机，取压降系数$K_E=0.86$，并确定绕组为单层绕组，故取绕组系数$K_{W1}=0.96$，确定绕组为Y形接法，故每相绕组承受的电压为$U_1=220\text{V}$。

（9）计算每相绕组匝数

$$N_1=\frac{K_EU_1\times10^{-2}}{2.22K_{W1}\Phi}=\frac{0.86\times220\times10^{-2}}{2.22\times0.96\times0.0024}=370$$

（10）计算每槽导线数（取并联支路对数$a=1$）

$$W_1=\frac{6aN_1}{Z}=\frac{6\times1\times370}{24}=92$$

（11）计算导线截面

导线采用高强度漆包线，取$K_T=0.34$，其截面为

$$S=\frac{K_T\cdot S_s}{W_1}=\frac{0.34\times129.4}{92}=0.47(mm^2)$$

查表“各种铜漆包线规格及安全载流量”，得线径为0.77mm^2

的漆包线。

(12) 从表8-3中可查出对应的电流密度。

取$j=4.9\text{A/mm}^2$。

(13) 计算相电流

$$I_{pa}=a\cdot g_1\cdot j=1\times0.5\times4.9=2.45(\text{A})$$

(14) 验算线负荷

$$A=\frac{6I_{pa}N_1\times10^2}{\pi D}=\frac{6\times2.45\times370\times10^2}{3.14\times9}$$
$$=19200(\text{A/m})$$

A的值符合表8-3的条件，即线负荷在15 000～25 000A/m的范围内。

(15) 计算电动机的功率

同类型的电动机数据，如老型号JO_2-21-4，其$P_N=1.1\text{kW}$，$I=2.67\text{A}$，$\cos\varphi=0.79$，$\eta=78.5\%$。

取该电动机的功率因数$\cos\varphi=0.79$，效率$\eta=78.5\%$，则有

$$P=\sqrt{3}UI\eta\cos\varphi\times10^{-3}$$
$$=\sqrt{3}\times380\times2.45\times0.78\times78.5\%\times10^{-3}$$
$$=0.986(\text{kW})$$

与实际接近。

8.1.4　三相异步电动机的改极计算

在实际生产中，往往要改变某一三相异步电动机的极数。改极一般适用于笼式电动机。对于绕线式电动机，除了改变定子绕组极数外，还要改变转子绕组的极数，故很少采用。

为使改极后电动机的性能接近于原来的性能，在拆除绕组

时，应详细记录好原始数据，有利于改极计算。

改极计算时应注意下面几点。

1. 定子、转子槽数的配合

为了保证改绕后电动机的启动和运转性能，在每一个极数下，定子槽数和转子槽数之间都应存在一个配合关系，有些配合实践证明性能较好，应优先选用，如表8-5所示。

表8-5　笼式三相异步电动机定子、转子槽数的配合参考表

极数	定子槽数（Z_1）	直槽转子槽数	斜槽转子槽数
2	24	32	20,33,34,35
	30	22,38	20,21,23,37,39,40
	36	26,28,44,46	25,27,29,43,45,47
	48	38,40,56,58	37,39,41,55,57,59
4	36	26,46	27,45,48
	42	52,54	34,53
	48	34,38,56,58,62	40,57,59
	60	50,52,68,70,74	48,49,51,56,64,69,71

2. 新绕组线圈节距的计算

新绕组线圈的节距公式为

$$y = y'\frac{2p'}{2p} \tag{8-37}$$

式中　y'——电动机原来线圈的节距；

$2p'$——电动机的原来极数；

$2p$——改绕后的极数。

3. 每槽导线数计算

根据改绕后电动机铁芯磁密的分布情况进行每槽导线数的计算。由于改极后,往往会改变电机原来各部分的磁密分布,甚至某些部分的磁密趋于饱和状态,因此有必要对改极后的电动机进行具体计算。

1）极数改少时,主要考虑轭部磁密。

每槽导线数应按定子轭部磁密的条件来进行计算。

$$S_n = \frac{1.44K_E U \times 10^{-2}}{Zh_c LB_c K_{W1}} \tag{8-38}$$

式中　S_n——电动机改极后的每槽导线数(根/槽);

K_E——压降系数;

U——每相电压(V);

Z——定子槽数;

h_c——定子轭高(m);

L——铁芯(定子)长度(m);

B_c——轭部磁通密度(T);

K_{W1}——定子绕组系数。

2）极数增多时,应考虑气隙磁密和齿部磁密。

每槽导线数为

$$S_n = S'_n \frac{2p}{2p'} \times 0.95 \tag{8-39}$$

式中　S_n——电动机改极后的每槽导线数(根/槽);

S'_n——电动机原来的每槽导线数(根/槽);

$2p'$——电动机原来的极数;

$2p$——电动机改极后的极数。

4. 改极后的新导线直径计算

新导线直径可由下式求出。

$$d = d'\sqrt{\frac{S'_n}{S_n}} \tag{8-40}$$

式中　d——新导线直径(mm);

d'——原绕组的导线直径(mm)。

5. 改极后的电动机功率计算

可按下式估算出改极后电动机的功率。

$$P_N = P'_N \frac{d^2}{(d')^2} \tag{8-41}$$

或

$$P_N = P'_N \frac{S}{S'} \tag{8-42}$$

式中　P_N——电动机改极后的功率(kW);

P'_N——电动机的原功率(kW);

d'——电动机原绕组的导线直径(mm);

d——电动机改极后的新导线直径(mm);

S'——电动机的原导线截面积(mm^2);

S——电动机的新导线截面积(mm^2);

例8-4　如有一台40kW的4极电动机,电压为380V,△形接线,今需改为8极,试求新绕组数据。

拆除绕组时记录数据如下:定子槽数 $Z=48$,铁芯内径 $D=280mm$,铁芯长度 $L=175mm$,轭高 $h_c=2.7cm$,每槽导线数 $S'_n=40$ 根/槽,线圈节距 $y'=10$ 槽,导线直径 $d'=1.45mm$,并联支路对数

$a=2$，为双层叠绕组。

解：(1) 新绕组线圈节距

$$y=y'\frac{2p'}{2p}=10\times\frac{4}{8}=5\text{ 槽}$$

(2) 新绕组每槽导线数

$$S_n=S'_n\frac{2p}{2p'}\times0.95=40\times\frac{8}{4}\times0.95=76\text{ 根/槽}$$

(3) 新绕组导线直径

$$d=d'\sqrt{\frac{S'_n}{S_n}}=1.45\sqrt{\frac{40}{76}}=1.0519\text{mm}$$

可选取 QZ 型高强度漆包圆铜线，直径取整数 $d=1.12\text{mm}$，标准截面 $S=0.986\text{mm}^2$，再查表“漆包线的品种表，型号特点和主要用途”和表“各种铜漆包线规格及安全载流量表”。

(4) 改极后的电动机功率

$$P_N=P_N\frac{d^2}{d'^2}=40\times\frac{1.12^2}{1.45^2}=23.8\text{kW}$$

电动机改为 8 极后，输出功率约降为 23.8kW。新绕组接线方式不变，可仍用双层叠绕，2 路 △ 形接法。新导线直径为 1.12mm，每槽导线数为 76 根，即每层线圈为 38 匝，线圈节距为 $y=5$槽。

8.1.5　电动机绕组导线的替代计算

在 8.1.3 节所述的电动机空壳重绕的计算中，为了计算的简便起见，都是以一路串联绕组为基础的，有时求出的导线截面积过大、过粗，会给嵌线带来困难，为此可采用改变线圈导线根数的方法来解决。

1. 改变线圈导线的并绕根数的计算

为了嵌线方便和端部整理容易，往往将选用的粗导线改为几根并绕导线，但其总截面不应超过原来的截面。

其计算公式为

$$S=\frac{S'}{n} \tag{8-43}$$

式中 S——改用并绕后的每根导线的截面积(mm^2)；

S'——原用导线的截面积(mm^2)；

n——改用导线的并绕根数。

导线直径与截面积的关系可查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”或用下式换算。

$$d=1.13\sqrt{S} \quad 或 \quad S=0.785d^2 \tag{8-44}$$

例 8-5 有一电动机的重绕计算需导线截面积为 3.16mm^2，查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”，选得接近的导线直径是 ϕ2.1mm。由于导线太粗，以致嵌线不便，故拟用 3 根并绕，试求每根导线的截面积。

解：
$$S=\frac{S'}{n}=\frac{3.16}{3}=1.053\text{mm}$$

查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”得相当接近的标准截面积为 $S=1.057\text{mm}^2$，标准导线直径 $d=1.16\text{mm}$。

2. 改变绕组并联支路数的计算

由于原来计算的导线截面过粗，考虑用多根并联细导线代替，但由于根据超过 4 根后绕制有困难，这时可采用增加绕组的并联支路数的办法来减少线圈的并绕根数。其计算公式为

$$S=S'\frac{a'}{a} \tag{8-45}$$

式中　S ——改变并联支路后的导线截面积(mm^2)；

S'——绕组原来的导线截面积(mm^2)；

a'——绕组原来的并联支路对数；

a ——绕组改变后的并联支路对数。

由于减少了导线截面以后，会引起导线发热，故需增加每槽的导线根数，其计算公式为

$$S_n = S'_n \frac{a}{a'} \tag{8-46}$$

式中　S_n ——改绕后的每槽导线数；

S'_n ——绕组原来的每槽导线数；

a' ——绕组原来的并联支路数；

a ——改绕后的并联支路数。

但必须注意，改变后的并联支路数应满足 $2p/a$ 为整数的条件，否则并联支路数不能成立。

例 8-6　如有一台 6 极电动机，其绕组为一路星形双层叠绕，导线截面积为 5.9mm^2，每槽导线数 $S_n = 16$ 根/槽，试选标准导线。

解：查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”得最接近的标准导线截面积是 5.43mm^2 和 6.29mm^2，直径分别是 2.63mm 和 2.83mm，不仅导线截面误差太大，而且线径太粗，嵌线困难。若改选直径为 1.12mm 的导线，用 6 根并绕，则并绕根数太多，绕制不方便。为此拟改为 3 路并联，以满足极数与并联支路数关系的条件。

$$\frac{2p}{a} = \frac{6}{3} = \text{整数}$$

线圈导线截面积为

$$S = S'\frac{a'}{a} = 5.9 \times \frac{1}{3} = 1.966\text{mm}^2$$

可选用线径为 1.12mm 的标准导线 2 根并绕，截面积为

$$S = 2 \times 0.985 = 1.97\text{mm}^2$$

改变后的每槽导线数为

$$S_n = S'_n\frac{a}{a^k} = 16 \times \frac{3}{1} = 48 \text{ 根/槽}$$

由此，双层叠绕组的每个线圈匝数为 24 匝，电动机绕组的接线方式可不改变。

3. 改变绕组接线方式的计算

如果计算的导线截面积与标准导线相差较大时，还可以从改变绕组的接线方式去考虑，来达到减小异线截面积的目的。具体计算如下。

（1）绕组从 Y 形接线改为△形接线时导线截面积的换算。为使改接后的额定电压（线电压）保持不变，就必须使改接为△形时的每相串联匝数增加$\sqrt{3}$倍。则每槽导线数应为

$$S_n = \sqrt{3}S'_n \tag{8-47}$$

式中 S_n——绕组由 Y 形接线改为△形接线时的每槽导线数（根/槽）；

S'_n——绕组原来为 Y 形接线时的每槽导线数（根/槽）。

假如导线电流密度不变，在改为△形接线后的导线截面积应减小$\sqrt{3}$倍，即

$$S = \frac{S'}{\sqrt{3}} \tag{8-48}$$

式中　S ——绕组改为△形接线后的导线截面积(mm^2)；

S'——绕组原来为Y形接线时的导线截面积(mm^2)。

(2) 绕组从△形接线改为Y形接线时导线截面积的换算。与上面的一种方法相反，将绕组原来的△形接线改为Y形接线时，为保持额定电压不变，每槽导线就应减少$\sqrt{3}$倍，应为

$$S_n = \frac{S'_n}{\sqrt{3}} \tag{8-49}$$

导线截面积应为

$$S = \sqrt{3}S' \tag{8-50}$$

式中　S_n ——绕组改为Y形接线时的每槽导线数(根/槽)；

S ——绕组改为Y形接线时的导线截面积(mm^2)；

S'_n ——绕组原为△形接线时的每槽导线数(根/槽)；

S' ——绕组原为△形接线时的导线截面积(mm^2)。

例8-7　有一台重绕修理电动机，是一路Y形接法，每槽导线数$S'_n=28$根/槽，导线直径为$\phi1.35mm$，今无这种规格的导线，试改选其他规格的导线。

解：查"各种铜漆包线规格及安全载流量表"得线径1.35mm导线的截面积为$1.431mm^2$。按上述方法试算替代导线。

(1) 采用2根导线并绕试算，每根导线截面积为

$$S = \frac{S'}{n} = \frac{1.431}{2} = 0.715mm^2$$

查"各种铜漆包线规格及安全载流量表"得接近的导线截面积是$0.724mm^2$，标准直径是0.96mm。

(2) 改Y形接线为△形接线的试算，每根导线截面积为

$$S=\frac{S'}{\sqrt{3}}=\frac{1.431}{1.73}=0.827\text{mm}^2$$

查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”得接近的导线截面积为 0.849mm^2，标准直径是 1.04mm。

由此，这台电动机可选用上述两种不同接法与两种不同直径的导线。

如果没有这两种导线时，还可以改变并联支路数，采用其他规格的导线。此外，电动机绕组由 Y 形改接为△形接线后，每槽导线数应改为

$$S_n=\sqrt{3}S_n'=1.73\times28=48\text{ 根/槽}$$

8.1.6 单速电动机改为单绕组双速电动机的改绕计算

为了改绕计算的需要和比较改绕后的性能，在拆卸前需要将原始数据记录清楚，同时选择双速绕组方案。

选择绕组方案时，应着重考虑以下几点。

（1）检查定、转子的槽数配合是否适宜所改的极数。

（2）为了使三相绕组对称，还须满足下列两条件中的一条。

$$Z_1/p=\text{整数}$$

$$Z_1/(t\cdot m)=\text{整数}$$

式中 p——电动机的磁极对数；

m——相数；

t——是 Z_1/p 的最大公约数。

（3）根据改绕电动机的工作特点，由单绕组倍极比特性表8-6选取性能相应的接线方案。

（4）根据所选取的方案画出双速绕组排列表，确定线圈节距和计算绕组系数。

表 8-6　单绕组倍极比特性

方案	极数Ⅰ连接方式	极数Ⅱ连接方式	转矩比 $M_{Ⅱ}/M_{Ⅰ}$	功率比 $P_{Ⅱ}/P_{Ⅰ}$	特性
1	2Y	Y	1	0.5	恒矩
2	2Y	2Y	2	1	恒功
3	2Y	△	1.73	0.866	变矩
4	△	2Y	2.3	1.15	变矩
5	2△	Y	0.57	0.288	变矩

1. 原电动机的有关数据计算

（1）定子齿距

$$t = \frac{\pi D}{Z_1} \tag{8-51}$$

式中　D——定子内径(cm)；

Z_1——定子槽数。

（2）定子极距

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} \tag{8-52}$$

（3）每相绕组串联匝数

$$W = \frac{S_n Z_1}{2ma} \tag{8-53}$$

式中　W——每相绕组的串联匝数(匝/相)；

a——每相绕组的并联支路对数；

S_n——每槽导线数(根/槽)。

（4）计算绕组系数

单速电动机绕组系数的计算可根据三相异步电动机绕组分布系数 K_P（如表 8-7 所示）和三相异步电动机短距绕组的节距系数 K_y（如表 8-8 所示）来选取。

表 8-7　三相异步电动机的绕组分布系数 K_P

每极相槽数	q	1	2	3	4	5	6	7 以上
分布系数	K_P	1.0	0.966	0.96	0.958	0.957	0.956	0.956

表 8-8　三相异步电动机短距绕组的节距系数 K_y

节距 (y)	每极相槽数（极距 τ）												
	24	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
1~25	1.000												
1~24	0.998												
1~23	0.991												
1~22	0.981												
1~21	0.966												
1~20	0.947												
1~19	0.924	1.000											
1~18	0.897	0.996											
1~17	0.866	0.985	1.000										
1~16	0.832	0.966	0.995	1.000									
1~15	0.793	0.940	0.981	0.995	1.000								
1~14	0.752	0.906	0.956	0.978	0.994	1.000							
1~13	0.707	0.866	0.924	0.951	0.975	0.993	1.000						
1~12		0.819	0.882	0.914	0.944	0.971	0.991	1.000					
1~11		0.766	0.831	0.866	0.901	0.935	0.966	0.990	1.000				

续表

节距 (γ)	每极相槽数（极距 τ）												
	24	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
1~10		0.707	0.773	0.809	0.847	0.884	0.924	0.960	0.988	1.000			
1~9			0.707	0.743	0.782	0.838	0.866	0.910	0.951	0.985	1.000		
1~8				0.669	0.707	0.749	0.793	0.841	0.891	0.940	0.981	1.000	
1~7						0.663	0.707	0.756	0.809	0.866	0.924	0.975	1.000
1~6								0.655	0.707	0.766	0.832	0.901	0.966
1~5										0.643	0.707	0.782	0.866
1~4												0.624	0.707

（5）气隙磁通密度的计算

$$B_g = \frac{K_E U \times 10^{-2}}{1.55 W K_{W1} \tau L} \tag{8-54}$$

式中　B_g ——气隙磁通密度(T)；

K_E ——压降系数，$K_E = 0.88 \sim 0.97$，功率大的取较大值；

U ——电动机绕组相电压(V)；

K_{W1}——电动机的绕组系数；

L ——定子铁芯长度(m)；

τ ——极距(m)。

（6）槽齿磁通密度的计算

$$B_t = \frac{B_g t}{0.93 b_t} \tag{8-55}$$

式中　B_t ——槽齿磁通密度(T)；

t ——定子齿距(m)；

b_t ——定子槽齿宽度(m)。

（7）轭部磁通密度的计算

$$B_c = \frac{0.37\tau B_g}{h_c} \tag{8-56}$$

式中　B_c——轭部磁通密度(T)；

τ——极距(m)；

h_c——轭部高度(m)。

2. 改绕计算

1）计算两种极数下的极距

$$\tau' = \frac{\pi D}{2p'};\tau = \frac{\pi D}{2p} \tag{8-57}$$

2）根据原绕组估算改绕后的每槽导体数

$$S_n = \frac{UK'_{W1}a}{U'K_{W1}a'}S'_n \tag{8-58}$$

式中　U'、U——改绕前、后绕组的每相电压(V)；

K'_{W1}、K_{W1}——改绕前、后的绕组系数；

a'、a——改绕前、后的并联支路对数；

S'_n、S_n——改绕前、后的每槽导体数(根/槽)。

3）计算改绕后两种极数的每相串联匝数

可用式(8-53)分别求取。

4）改绕后双速的磁通密度比

脚注“Ⅰ”代表少极数，“Ⅱ”代表多极数。

$$\frac{B_{g\text{II}}}{B_{g\text{I}}} = \frac{K_{E\text{II}}U_{\text{II}}P_{\text{II}}W_{\text{I}}K_{W\text{I}}}{K_{E\text{I}}U_{\text{I}}P_{\text{I}}W_{\text{II}}K_{W\text{II}}} \tag{8-59}$$

式中　$B_{g\text{II}}$——多极数的磁通密度(T)；

$B_{g\text{I}}$——少极数的磁通密度(T)；

K_E ——压降系数，每相串联的匝数多则 K_E 较小，反之较大。一般的小容量电动机取较小值；

W ——每相串联导线数（并联为串联的一半）；

U ——相电压(V)。

5）核算双速气隙磁通密度

（1）计算基准极数的气隙磁通密度，见式(8-54)。

（2）根据磁通密度比计算另一极数的气隙磁通密度。

$$B_{g\mathrm{II}} = \frac{B_{g\mathrm{II}}}{B_{g\mathrm{I}}} B_{g\mathrm{I}} \tag{8-60}$$

6）核算双速槽齿磁通密度

（1）计算基准极数的齿部磁通密度，见式(8-55)。

（2）根据磁通密度比计算另一极数的齿部磁通密度。

$$B_{t\mathrm{II}} = \frac{B_{g\mathrm{II}}}{B_{g\mathrm{I}}} B_{t\mathrm{I}} \tag{8-61}$$

7）核算双速轭部磁通密度

根据两种不同的极距和气隙磁通密度计算轭部磁通密度为

$$B_c = \frac{0.37\tau B_g}{h_c} \tag{8-62}$$

式中 B_c ——轭部磁通密度(T)；

B_g ——气隙磁通密度(T)；

τ ——极距(m)；

h_c ——铁芯轭部高度(m)。

核算的各部分磁通密度最好不要超过原电动机的数值，特别是改绕的电动机降低转速时，磁通密度还应降低一些。但其值一般也应在允许范围内，如电动机各部分磁通密度的允许值如表

8-9 所示。如在核算中发现某部分磁通密度超过允许值时,应增加匝数重新算,否则将会引起过大的空载电流和使运转发热。

表 8-9　电动机各部分磁通密度的允许值

各部分磁通密度	允许值(T)
气隙磁通密度 B_g	0.5～0.7
齿部磁通密度 B_t	1.3～1.75
轭部磁通密度 B_c	1.0～1.55

8）计算连绝缘的导线直径

$$d_0 = d'_0\sqrt{\frac{S'_n}{S_n}} \tag{8-63}$$

式中　d_0 ——改绕后的连绝缘的导线直径(mm);

d'_0——原来的连绝缘的导线直径(mm);

S'_n——原来的每槽导线数(根/槽);

S_n ——改绕后的每槽导线数(根/槽)。

计算结果应选相近标准的导线直径 d。

9）改绕后的电动机输出功率的估算

改绕后在原来的电流密度不变的情况下,与原来电动机相同极数的双速电动机的输出功率,可由下式估算。

$$P_N = \frac{Uad^2}{U'a'd'^2}P'_N \tag{8-64}$$

式中　P'_N ——原来电动机的额定功率(kW);

d' ——原来电动机绕组的导线直径(mm);

d ——改绕后的导线直径(mm)。

双速电动机的功率比为

$$\frac{P_{N\mathrm{II}}}{P_{N\mathrm{I}}}=\frac{U_{\mathrm{II}}a_{\mathrm{II}}}{U_{\mathrm{I}}a_{\mathrm{I}}}K \tag{8-65}$$

式中　K——考虑到低速通风散热差而需降低功率使用的系数，一般 K 取 0.7～0.95。

改绕后的另一极数下的电动机输出功率可根据双速功率比求得。

例 8-8　假定把原来 4 极的三相异步电动机改为 4/6 极双速电动机，试计算改绕后的绕组数据。

测得电动机原始数据如下：

额定功率 $P_N=7.5\text{kW}$；

额定电压 $U_N=380\text{V}$；

额定电流 $I_N=14.9\text{A}$；

接线方式为△形接法；

极　　数 $2p=4$；

定子槽数 $Z_1=36$；

转子槽数 $Z_2=26$；

定子内径 $D=16.2\text{cm}$；

铁芯长度 $L=16\text{cm}$；

定子齿宽 $b_t=0.7\text{cm}$；

定子轭高 $h_c=2.4\text{cm}$；

每槽导线数 $S_n=29$ 根/槽；

绕组形式单层交叉式；

线圈节距 $y=9$；

导线直径 $d=1.3\text{mm}$；

并绕根数 $n=2$ 根。

解：1）选择绕组方案

（1）查对笼式三相异步电动机定、转子槽数配合的推荐值表，当其为4极时，定子槽数（Z_1）是36槽，配合较好的转子槽数（Z_2）为26槽；当其为6极时，定子槽数是36槽，配合较好的转子槽数也为26槽。故说明此电动机的定、转子槽数是可以配合好的。

（2）因 $Z_1/p=36/6=$ 整数，故可安排三相对称绕组。

（3）改绕双速后，要求高、低速均有较高的输出转矩，故采用非正规分布绕组。绕组排列可按非正规分布绕组排列的绕组方案得出，其绕组系数为：$K_{W4}=0.782$，$K_{W6}=0.85$。

接线方式：4/6极—2Y/△接法。

2）原电动机的有关数据计算

（1）定子齿距

$$t=\frac{\pi D}{Z_1}=\frac{3.14\times16.2}{36}=14.1(\text{cm})$$

（2）每相串联匝数

$$W=\frac{S_n Z_1}{2ma}=\frac{29\times36}{2\times3\times1}=174(\text{匝/相})$$

（3）计算绕组系数

① 每极相槽数

$$g=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{36}{4\times3}=3\ \text{槽}$$

② 计算绕组分布系数

$$K_P=\frac{0.5}{g\sin\left(\frac{30°}{g}\right)}=\frac{0.5}{3\sin\left(\frac{30°}{3}\right)}=0.96$$

③ 节距系数，因是单层采取 $K_y=1$

④ 绕组系数

$$K_W=K_PK_y=0.96\times1=0.96$$

（4）气隙磁通密度

选压降系数为 $K_E=0.9$；则气隙磁通密度为

$$\begin{aligned}B_g&=\frac{K_EU}{1.55WK_W\tau L}\times10^{-2}\\&=\frac{0.9\times380\times10^{-2}}{1.55\times174\times0.96\times0.127\times0.16}\\&=0.65(\mathrm{T})\end{aligned}$$

（5）槽齿磁通密度

$$B_t=\frac{B_gt}{0.93b_t}=\frac{0.65\times0.0141}{0.93\times0.007}=1.4(\mathrm{T})$$

（6）轭部磁通密度

$$\begin{aligned}B_c&=\frac{0.37\tau B_g}{h_c}=\frac{0.37\times0.127\times0.652}{0.024}\\&=1.27(\mathrm{T})\end{aligned}$$

3）改绕计算

（1）极距

$$\tau_4=\frac{\pi D}{2p}=\frac{3.14\times16.2}{4}=12.7\mathrm{cm}$$

$$\tau_6=\frac{\pi D}{2p}=\frac{3.14\times16.2}{6}=8.48\mathrm{cm}$$

（2）改绕后每槽导线数的估算

以原来4极为基准，原来的额定电压为380V，原接法是△形，改绕后的4极是二路Y形，相电压为220V，并联支路$a=2$，故每槽导线数估算为

$$S_n=\frac{UK'_Wa}{U'K_Wa'}S'_n=\frac{220\times0.96\times2}{380\times0.781\times1}\times29=41.2\text{ 根/槽}$$

取$S_n=46$根/槽，绕组采用双层迭绕，每个线圈为23匝。

（3）改绕后的每相串联匝数为

$$W_4=\frac{S_nZ_1}{2ma}=\frac{46\times36}{2\times3\times2}=138\text{ 匝/相}$$

因为6极时是△接法，$a=1$，故

$$W_6=\frac{S_nZ_1}{2ma}=\frac{46\times36}{2\times3\times1}=276\text{ 匝/相}$$

（4）改绕后双速的磁通密度比

选取压降系数$K_{E4}=0.9$，$K_{E6}=0.88$，4极时$U_Ⅰ=220V$，6极时$U_Ⅱ=380V$，磁通密度比为

$$\begin{aligned}\frac{B_{gⅡ}}{B_{gⅠ}}&=\frac{K_{EⅡ}U_ⅡP_ⅡW_ⅠK_{WⅠ}}{K_{EⅠ}U_ⅠP_ⅠW_ⅡK_{WⅡ}}\\&=\frac{0.88\times380\times3\times138\times0.781}{0.9\times220\times2\times276\times0.85}\\&=1.16\end{aligned}$$

（5）核算双速气隙磁通密度

$$\begin{aligned}B_{g4}&=\frac{K_{E4}U_4\times10^2}{1.55W_4K_{W4}\tau_4L}\\&=\frac{0.9\times220\times10^{-2}}{1.55\times138\times0.781\times0.127\times0.16}\end{aligned}$$

$$=0.5825\mathrm{T}$$

$$B_{g6}=\left(\frac{B_{g\mathrm{II}}}{B_{g\mathrm{I}}}\right)B_{g\mathrm{I}}=1.16\times0.5825=0.6757(\mathrm{T})$$

（6）核算双速槽齿磁通密度

$$B_{t4}=\frac{B_{g4}t}{0.93b_t}=\frac{0.5825\times0.014}{0.93\times0.007}=1.2616(\mathrm{T})$$

$$B_{t6}=\left(\frac{B_{g\mathrm{II}}}{B_{g\mathrm{I}}}\right)B_{t4}=1.16\times1.2616=1.4634(\mathrm{T})$$

（7）核算双速轭部磁通密度

$$B_{c4}=\frac{0.37\tau_4B_{g4}}{h_c}=\frac{0.37\times0.127\times0.5825}{0.024}=1.1404(\mathrm{T})$$

$$B_{c6}=\frac{0.37\tau_6B_{g6}}{h_c}=\frac{0.37\times0.0848\times0.6757}{0.024}=0.8833(\mathrm{T})$$

从以上核算可见，两种极数下的各部分磁通密度均接近于原来的数值，并在电机各部分的允许磁通密度范围内（表8-9），所以可取每槽导线数 $S_n=46$ 根，双层绕组的每个线圈为23匝。

（8）选用导线

查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”得原来 $d'=1.12\mathrm{mm}$，QZ型漆包线连绝缘直径为 $d'_0=1.23\mathrm{mm}$，计算改绕后连绝缘的导线直径为

$$d_0=d'_0\sqrt{\frac{S'_n}{S_n}}=1.23\sqrt{\frac{39}{46}}=0.976\mathrm{mm}$$

可选用直径为 $d_0=0.99\mathrm{mm}$ 的QZ型漆包线连绝缘，其铜线线芯直径为 $d=0.9\mathrm{mm}$。

（9）改绕后的电动机输出功率估算

设改绕后电流密度不变，以原来的极数为基准，计算改绕后为4极时电动机的输出功率

$$P'_{N4}=\frac{Uad^2}{U'a'(d')^2}P'_{N4}=\frac{220\times2\times0.9^2}{380\times1\times1.12^2}\times10=7.5\text{kW}$$

取系数 $K=0.95$，则6/4极的功率比为

$$\frac{P_{N6}}{P_{N4}}=\frac{U}{U}K=\frac{380\times1}{220\times2}\times0.95=0.82$$

改绕后，6极时电动机的输出功率为

$$P_{N6}=7.5\times0.822=6.2\text{kW}$$

由计算可知，该电动机改绕后在不同转速下的输出功率虽不符合等功率特性，但相差也不算很大，可属基本符合要求。

8.1.7 罩极式单相电动机的空壳重绕计算

1. 电动机的功率计算

$$P_o=\frac{\alpha D^2 LB_g An_0}{5.5} \tag{8-66}$$

式中 P_o ——电动机的输出功率（W）；

D ——定子内径（m）；

L ——定子叠厚（m）；

B_g ——气隙磁通密度，一般小功率电动机如台扇等取 $B_g=0.15\sim0.35$T；吊扇等较大电动机取 $B_g=0.35\sim0.5$T；

A ——线负载，取 $A=6\,000\sim13\,000$A/m；

n_0 ——同步转速（r/min）；

α ——极弧系数，$\alpha=0.6\sim0.9$。

2. 电动机的电流计算

$$I=\frac{P_o}{K_E U_N} \tag{8-67}$$

式中　K_E——压降系数，取 $K_E=0.8\sim0.94$；

U_N——电动机所选的额定电压(V)。

3. 有效磁通计算

$$\Phi=\alpha\tau LB_g \tag{8-68}$$

式中　Φ——有效磁通(Wb)；

τ——极距(m)；

L——铁芯厚度(m)；

B_g——气隙磁通密度(T)。

4. 主绕组每极匝数的计算

$$W_1=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi 2p} \tag{8-69}$$

式中　$2p$——极数；

f——电源频率(Hz)。

5. 定子轭部磁通密度的计算

$$B_c=\frac{\sigma\Phi}{1.86Lh_c} \tag{8-70}$$

式中　σ——主绕组漏磁系数，取 $\sigma=1.1\sim1.6$；

h_c——轭部高度(m)。

计算的轭部磁通密度不得超过 0.8～1T，如超过允许值时，应降低重算。

6. 磁极铁芯磁通密度的计算

$$B_n=\frac{\sigma\Phi}{0.93bL} \tag{8-71}$$

式中 b——凸极的宽度(m)。

计算的磁极铁芯磁通密度应小于0.8～1T，如超过允许值时，应降低 B_g 重算。

7. 导线截面积计算

$$S=\frac{I}{j} \tag{8-72}$$

式中 S——导线截面积(mm^2)；

j——导线电流密度(A/mm^2)，取 $j=3\sim5$。

导线直径可用下式求得

$$d=1.13\sqrt{S} \tag{8-73}$$

式中 d——导线直径(mm)。

选用的标准导线要先校验是否放得下，如太松或太紧可选较大或较小直径。

例8-9 有一台需空壳重绕的电风扇罩极电动机，极数 $2p=4$，定子铁芯外径 $D_1=12cm$，内径 $D=6.4cm$，铁芯厚度 $L=3.8cm$，凸极宽度 $b=3.4cm$，轭部高度 $h_c=0.8cm$，试求绕组数据。

解：(1) 电动机的功率计算

选 $\alpha=0.67$，$B_g=0.3T$，$A=8\ 000A/m$，$n_0=1\ 500r/min$

$$P_o=\frac{\alpha D^2LB_gAn_0}{5.5}$$

$$=\frac{0.67\times0.064^2\times0.038\times0.3\times8\ 000\times1\ 500}{5.5}$$

$=68.25(\mathrm{W})$

(2) 电动机的电流计算

选 $K_E=0.9, U_N=220(\mathrm{V})$。

$$I=\frac{P_o}{K_E U_N}=\frac{68.6}{0.9\times220}=0.35(\mathrm{A})$$

(3) 每极有效磁通计算

极距　$$\tau=\frac{3.14D}{2p}=\frac{3.14\times6.4}{4}=5.03(\mathrm{cm})$$

每极磁通为

$$\Phi=\alpha\tau LB_g=0.67\times0.05\times0.038\times0.3=0.00038419(\mathrm{Wb})$$

(4) 主磁绕组每极匝数的计算

$$W_1=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi2p}$$

$$=\frac{0.9\times220}{4.44\times50\times0.000384\times4}=580\text{ 匝}$$

(5) 定子轭部的磁通密度

选 $\sigma=1.13$,

$$B_c=\frac{\sigma\Phi}{1.86Lh_c}=\frac{1.13\times0.000384}{1.86\times0.038\times0.008}=0.7671(\mathrm{T})$$

(6) 磁极铁芯磁通密度的校验

$$B_h=\frac{\sigma\Phi}{0.93bL}=\frac{1.13\times0.000384}{0.93\times0.034\times0.038}=0.3608(\mathrm{T})$$

由以上校验可知:

$B_c=0.7671\mathrm{T}<0.8\mathrm{T}$,满足要求;

$B_h=0.3608\mathrm{T}<0.8\mathrm{T}$,在允许范围内。

(7) 导线选择

选导线电流密度$j=3.5\text{A/mm}^2$,计算导线截面积为

$$S=\frac{I}{j}=\frac{0.35}{3.5}=0.1\text{mm}^2$$

导线直径为

$$d=1.13\sqrt{S}=1.13\sqrt{0.1}=0.357\text{mm}$$

可选用 QZ 型的标准直径为 0.38mm 的漆包圆铜线。

8.1.8 分相电动机的空壳重绕计算

1. 电动机的功率计算

$$P_i=\frac{D^2LB_gAn_0}{10} \tag{8-74}$$

式中 P_i ——电动机输入功率(W);

D ——定子铁芯内径(m);

L ——铁芯长度(m);

B_g ——气隙磁通密度(T)。对 2 极电动机取$B_g=0.25\sim0.52\text{T}$;4 极电动机取$B_g=0.35\sim0.65\text{T}$;

A ——线负载。取$A=8\,500\sim16\,000\text{A/m}$;

n_0 ——同步转速(r/min)。

电动机的输出功率仅是输入功率的一部分,其关系式如下

$$P_o=P_i\eta\cos\varphi \tag{8-75}$$

式中 P_o ——电动机的输出功率(W);

$\cos\varphi$ ——电动机的功率因数;

η ——效率。一般小型电动机的效率约为 0.55～0.75,分相式电动机的$\eta\cos\varphi=0.18\sim0.5$左右。

2. 电动机的电流计算

$$I=\frac{P_i}{U_N} \tag{8-76}$$

式中　P_i——输入功率(W)；

U_N——电动机的额定电压(V)。

3. 电动机气隙有效磁通的计算

$$\Phi=0.67\tau LB_g \tag{8-77}$$

式中　τ——定子极距(m)；

L——铁芯长度(m)；

Φ——气隙有效磁通(Wb)；

B_g——气隙磁通密度(T)。

4. 定子齿部磁通密度的计算

$$B_t=\frac{B_g t}{0.93b} \tag{8-78}$$

式中　B_t——定子齿部磁通密度(T)；

B_g——气隙磁通密度(T)；

t——定子齿距(m)；

b_t——定子齿宽(m)。

槽齿磁通密度按上式计算的数值不应超过 1.4～1.8T，如超过应降低气隙磁通密度重算。

5. 定子轭部磁通密度的计算

$$B_c=\frac{\Phi}{1.86h_c L} \tag{8-79}$$

式中　B_c——定子轭部磁通密度(T)；

Φ——气隙磁通(Wb)；

h_c ——定子轭部高度(m);

L ——铁芯长度(m)。

按上式计算的值不应超过 1.9T,否则要重选 B_g 再算。

6. 定子绕组系数的计算

分相电动机的工作主绕组与启动副绕组所占槽数不等,故主、副绕组系数必须分别计算。

(1) 单相全距单层绕组

单相全距单层绕组的系数等于绕组的分布系数。

$$K_W = K_P = \frac{\sin\left(180° \times \frac{Q}{2}\right)2p}{Q\sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)} \tag{8-80}$$

式中 K_W ——单相全距单层绕组的系数;

K_P ——绕组的分布系数;

Q ——主绕组或副绕组所占槽数;

Z ——定子槽数;

τ ——以槽数表示的定子极距。

(2) 单相短距单层绕组

$$K_W = K_P \cdot K_y = \frac{0.866 \times 2p}{Q\sin\left(\frac{180°}{\tau}\right)} \cdot \sin\left(90° \times \frac{y}{\tau}\right) \tag{8-81}$$

式中 K_W ——绕组系数;

K_P ——分布系数;

K_y ——短距系数;

Q ——主绕组或副绕组所占槽数;

y ——线圈节距。

(3) 单相短距双层绕组

$$K_W = K_P \cdot K_y = \frac{2p\sin\left(90° \times \frac{Q}{Z}\right)}{Q\sin\left(90° \times \frac{2p}{Z}\right)}\sin\left(90° \times \frac{y}{\tau}\right)$$

一般分相电动机都取2/3的槽数为主绕组,所以 $Q_1/Q_2 = 2$。为了消除三次谐波,通常都取 $y = \frac{2}{3}\tau$。因此,可简化为以下两式。

主绕组系数

$$K_{W1} = \frac{0.75 \times 2p}{Q_1 \sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)} \tag{8-82}$$

副绕组系数

$$K_{W2} = \frac{0.434 \times 2p}{Q_2 \sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)} \tag{8-83}$$

式中 Q_1 ——主绕组所占槽数;

Q_2 ——副绕组所占槽数。

7. 主绕组计算

(1) 主绕组匝数

$$W_1 = \frac{K_E U_N}{4.44 f \Phi K_{W1}} \tag{8-84}$$

式中 K_E——压降系数,取 $K_E = 0.7 \sim 0.94$,功率大者取较大值。

(2) 每槽导线数

$$N_1 = \frac{2W_1}{Q_1} \tag{8-85}$$

(3) 导线截面积

$$S_1=\frac{I}{j} \tag{8-86}$$

式中　j——导线电流密度，取 $j=4\sim8\text{A/mm}^2$。

(4) 导线直径

$$d_1=1.13\sqrt{S_1} \tag{8-87}$$

根据计算选用相近标准导线。

8. 副绕组计算

由于副绕组占槽数的1/3，故主、副绕组占槽比值为

$$\alpha=Q_1/Q_2=2 \tag{8-88}$$

(1) 副绕组匝数计算

$$W_2=KW_1\frac{K_{W1}}{K_{W2}} \tag{8-89}$$

式中　K_{W1}、K_{W2}——主、副绕组系数；

K——变化系数，高内阻分相取 $K=0.3\sim0.8$；电容分相取 $K=0.9\sim1.45$。

(2) 导线直径

$$d_2=\frac{d_1K_{W2}}{\alpha tK_{W1}} \tag{8-90}$$

式中　t——导线直径比值系数。

一般的分相电动机取 $t=0.5\sim0.9$；高内阻分相电动机取 $t=(1.2\sim1.5)K$，在启动次数不多时可取 $1.8K$，但当取 $\alpha\neq2$，而采用正弦绕组时，取 $t=1.2\sim1.85$；电容分相电动机的 t 值可在 $0.65\sim0.95$ 范围内取值，一般取 $t=(0.63\sim0.73)K$。

9. 启动元件的计算

(1) 分相电容器的容量

可由经验公式求出

$$C_C = \frac{350\ 000I}{2pfU_N\cos\varphi} \tag{8-91}$$

式中　f——电源频率(Hz)；

$\cos\varphi$——电动机的功率因数，其数值可参考图 8-3。

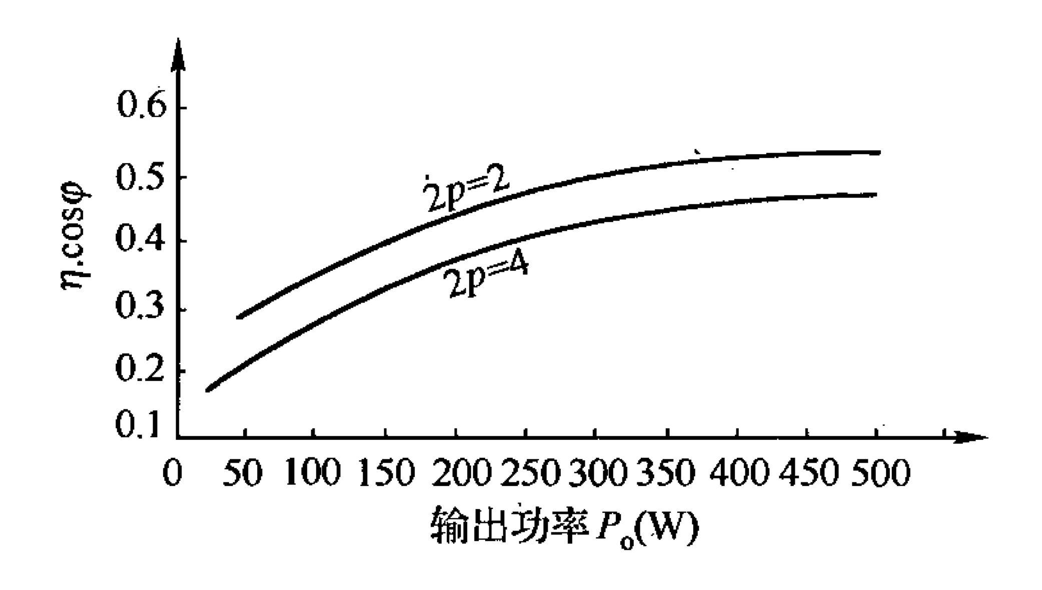


图 8-3　电阻、电容分相启动的分相电动机电能效率曲线

(2) 启动电容器的耐压选择

$$U_C \geqslant 1.42U_N \tag{8-92}$$

可根据计算值选用标准电容量和电压值。

重绕计算必须符合原来设计的性能，因此，如不符合使用要求时，可根据下列情况进行修改：

① 如启动转矩过小时，可增加电容器的容量或增加变比系数 K，即增加副绕组的匝数。

② 启动时如降落在电容器的电压过高，则应增加电容量或

增加电容器的电压值等级,还可增加副绕组的电阻。

③ 如果启动电流过大,应增加副绕组的匝数,并同时减小启动电容器的电容量。

例 8-10 如有一台单相电动机铁芯空壳,测量铁芯数据为:定子外径 $D_1=14.5\text{cm}$,内径 $D=7.5\text{cm}$,铁芯长度 $L=48\text{cm}$,齿宽 $b=0.3\text{cm}$,铁轭高度 $h_c=1.94\text{cm}$,定子槽数 $Z=24$ 槽。现欲绕成电容分相启动电动机,使其用于交流 220V 的电源上,试求绕组数据和选择启动元件。

解:1) 电动机的功率计算

取气隙磁密 $B_g=0.52\text{T}$,线负载 $A=12\,000\text{A/m}$,$2p=2$ 极,同步转速 $n_0=3\,000\text{r/min}$。

(1) 电动机输入功率的计算

$$P_i=\frac{D^2LB_gAn_0}{10}$$

$$=\frac{0.075^2\times0.048\times0.52\times12\,000\times3\,000}{10}$$

$$=505.44(\text{W})$$

(2) 电动机输出功率

取 $\eta\cos\varphi=0.53$,查图 8-3,取 $P_i=500\text{W}$。

$$P_o=P_i\cdot\cos\varphi\cdot\eta=500\times0.53=265(\text{W})$$

2) 电动机的电流

$$I=\frac{P_i}{U_N}=\frac{500}{220}=2.27(\text{A})$$

3) 气隙有效磁通的计算

极距 $$\tau=\frac{3.14D}{2p}=\frac{3.14\times0.075}{2}=0.1178(\text{m})$$

有效磁通

$$\Phi = 0.67\tau LB_g = 0.67 \times 0.1178 \times 0.048 \times 0.52 = 0.00197(\text{Wb})$$

4）定子齿部磁通密度的校验

定子齿距

$$t = \frac{3.14D}{Z} = \frac{3.14 \times 0.075}{24} = 0.0098(\text{m})$$

槽齿磁通密度

$$B_t = \frac{B_g t}{0.93b} = \frac{0.52 \times 0.098}{0.93 \times 0.003} = 1.826(\text{T})$$

5）定子轭部磁通密度的校验

$$B_c = \frac{\Phi}{1.86h_c L} = \frac{0.00197}{1.86 \times 0.0194 \times 0.048} = 1.137(\text{T})$$

由计算知定子磁通密度均基本在其允许值内，故初选的$B_g =$ 0.52T 可以使用。

6）定子绕组系数的计算

极距　$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12 \text{ 槽}$$

采用缩短 1/3 极距的双层绕组，节距 $y = \frac{2}{3}\tau = 8$ 槽，则主、副绕组占槽比值 $\alpha = Q_1/Q_2 = 2(16/8 = 2)$。

主绕组系数

$$K_{W1} = \frac{0.75 \times 2p}{Q_1 \sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)} = \frac{0.75 \times 2}{16\sin\left(\frac{90°}{12}\right)} = 0.72$$

副绕组系数

$$K_{W2}=\frac{0.434\times 2p}{Q_2\sin\left(\frac{90^\circ}{\tau}\right)}=\frac{0.434\times 2}{8\sin\left(\frac{90^\circ}{12}\right)}=0.835$$

7）主绕组计算

（1）主绕组匝数

取压降系数 $K_E=0.75$。

$$W_1=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi K_{W1}}$$

$$=\frac{0.75\times 220}{4.44\times 50\times 0.00197\times 0.72}=524\text{ 匝/相}$$

（2）主绕组每线圈匝数

$$W'_1=\frac{W_1}{Q_1}=\frac{524}{16}=32.75\text{ 匝}$$

取每槽导线数为 32 匝，实际主绕组匝数 $W_1=32\times 16=512$ 匝。

（3）主绕组导线选择

取导线电流密度 $j=5.4\text{A/mm}^2$，则导线截面积为

$$S_1=\frac{I}{j}=\frac{2.14}{5.4}=0.4(\text{mm}^2)$$

导线直径

$$d_1=1.13\sqrt{S_1}=1.13\sqrt{0.4}=0.715(\text{mm})$$

查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”，则可选用标准直径为 ϕ0.72mm 的 QZ 型高强度漆包线圆铜线。

8）副绕组计算

选变比系数 $K=1.3$。

（1）副绕组匝数

$$W_2 = KW_1 \frac{K_{W1}}{K_{W2}} = 1.3 \times 512 \times \frac{0.72}{0.835} = 574 \text{ 匝/相}$$

（2）每线圈匝数

$$W'_2 = \frac{W_2}{Q_2} = \frac{574}{8} = 71.75 \text{ 匝}$$

取 $W'_2 = 72$ 匝，则副绕组的实际匝数为 $W_2 = 576$ 匝。

（3）副绕组导线直径

取导线直径比值系数 $t = 0.7K = 0.7 \times 1.3 = 0.91$，则导线直径为

$$d_2 = \frac{d_1 K_{W2}}{2tK_{W1}} = \frac{0.72 \times 0.835}{2 \times 0.91 \times 0.72}$$

$$= \frac{0.6}{1.31} = 0.458(\text{mm})$$

查“各种铜漆包线规格及安全载流量表”取标准直径为0.47mm的QZ型高强度漆包圆铜线。

9）启动电容器的计算

设效率 $\eta = 0.7$，则功率因数约为

$$\cos\varphi = \frac{\eta \cdot \cos\varphi}{\eta} = \frac{0.53}{0.7} \approx 0.76$$

分相启动电容器的电容量为

$$C_C = \frac{350\,000I}{2pfU_N\cos\varphi} = \frac{350\,000 \times 2.14}{2 \times 50 \times 220 \times 0.77} = 44.2(\mu\text{F})$$

启动电容器的最低耐压为

$$U_C = 1.42U_N = 1.42 \times 220 = 312(\text{V})$$

可选用CD型100μF，350V的电介电容器。

8.1.9 通用电动机的空壳重绕计算

通用电动机多应用在吸尘器、手电钻等手提式轻便电动工具中，它实际上是小功率交、直流串激电动机。

1. 根据换向器计算使用电压

$$U' = Ke_t \tag{8-93}$$

式中 U'——电动机的使用电压(V)；

K——换向片数；

e_t——相邻换向片间的最高换向电压，一般取 $e_t \leqslant 6 \sim 8\text{V}$。计算后可选取接近的标准电压等级。

2. 电动机的功率计算

根据实测的定、转子铁芯尺寸和初选数据，用下式进行功率计算。

$$P_i = \frac{\alpha D_2^2 L_2 n B_g A}{8.6 \times 10^{-1}} \tag{8-94}$$

式中 P_i——电动机的输入功率(W)；

α——极弧系数，取 $\alpha = 0.6 \sim 0.7$；

D_2——转子铁芯外径(m)；

L_2——转子铁芯长度(m)；

n——电动机转速，一般应在4 000 ~ 12 000r/min；

B_g——气隙磁通密度，一般取 $B_g = 0.35 \sim 0.5\text{T}$；

A——转子线负荷，连续工作制取 $A = 7\,000 \sim 12\,000\text{A/m}$；短时制可提高30%。

电动机的输出功率

$$P_o = \frac{3\eta}{2+\eta} P_i \tag{8-95}$$

将电动机的效率 $\eta=0.5\sim0.6$ 代入，便得

$$P_o=(0.58\sim0.69)P_i$$

3. 转子电流的计算

$$I=\frac{P_o}{\eta\cos\varphi U_P} \tag{8-96}$$

式中　$\cos\varphi$——电动机的功率因数，一般取 $\cos\varphi=0.9\sim0.95$。

4. 转子绕组总导线数的计算

如铭牌数据已失落时，可根据直流电动机的电势计算得

$$N=\frac{\sqrt{2}\times60aE}{Pn\Phi} \tag{8-97}$$

如已知电流时，转子总导线可由下式计算。

$$N=\frac{2\pi D_2A}{I} \tag{8-98}$$

式中　a——转子绕组的并联支路对数。通用电动机均采用单绕组，因是二极，故其并联支路对数 $a=1$；

E——电枢电势(V)；

Φ——每极总势通(Wb)。

$$E=\frac{2+\eta}{3}U_N\cos\varphi \tag{8-99}$$

取效率 $\eta=0.5\sim0.6$，功率因数 $\cos\varphi=0.9\sim0.95$，代入简化得

$$E=(0.75\sim0.82)U_N$$

又
$$\Phi=B_gb_1L$$

将以上选定的数据代入前式简化得二极时转子的总导线数为

$$N=(64\sim70)\frac{U_N}{n\Phi} \tag{8-100}$$

5. 转子每线圈匝数计算

因为二根导线组成一匝，则转子总匝数为 $N/2$，而转子线圈数等于换向片数 K。故得

$$W_y=\frac{N}{2K} \tag{8-101}$$

式中 W_y ——转子绕组每线圈的匝数；

N ——转子导线总数；

K ——换向片数。

计算的 W_y 值取整数，然后按实际修正 N 值。

实际线负载与初选值误差超过 ±10% 时，应重选 A 和 B_g 再重算。

6. 转子每槽导线数计算

$$S_n=\frac{N}{Z_2} \tag{8-102}$$

式中 N ——转子实际总导线数；

Z_2——转子槽数。

7. 转子铁芯磁通密度的计算

（1）转子齿部磁通密度

$$B_t=\frac{B_g t}{0.93b_2} \tag{8-103}$$

式中 t ——转子齿距(m)；

b_2——转子齿宽(m)。

一般连续工作制取 $B_t \leqslant 1.3\sim1.5$T，短时工作制取 $B_t \leqslant 1.5\sim1.7$T。

（2）转子的轭部磁通密度

$$B_c = \frac{\Phi}{1.86 h_2 L_2} \tag{8-104}$$

式中 h_2——转子轭部高度(m)；

L_2——转子铁芯长度(m)。

一般连续工作制取 $B_c \leq 1.3 \sim 1.5\text{T}$，短时工作制取 $B_c \leq 1.5 \sim 1.7\text{T}$。如计算的磁通密度过高，则应重选重算。

8. 转子导线截面积计算

因为单迭绕组有两条支路，每条支路的电流为 $0.5I$。因此，转子的导线截面积为

$$S_2 = \frac{I}{2j} \tag{8-105}$$

式中 S_2——转子导线截面积(mm^2)；

I——转子电流(A)；

j——导线电流密度(A/mm^2)，视电动机为连续或短时工作制而定。如暂载率为100%时，$j = 5 \sim 6.5$；暂载率为60%时 $j = 6.5 \sim 8.5$；暂载率为40%时，$j = 8 \sim 10$。

9. 定子励磁绕组每极匝数的计算

由经验公式可求得

$$W_1 = K\frac{N}{2} \tag{8-106}$$

式中 K——变换系数。当 $2p = 2$ 时，取 $K = 0.1 \sim 0.25$；$2p = 4$ 时，取 $K = 0.05 \sim 0.1$；

N——转子绕组的总导线数。

10. 定子绕组导线截面积的计算

由经验公式可求得

$$S_1 = (1.8 \sim 2.1) S_2 \tag{8-107}$$

式中 S_1 ——定子导线截面积(mm^2)；

S_2 ——转子导线截面积(mm^2)。

如电动机修复后性能未能达到原来的要求或转速过高、过低时，可适当改变定子或转子绕组的匝数进行调整。因转速与匝数成反比，所以改变转速后的匝数应为

$$W' = \frac{Wn}{n'} \tag{8-108}$$

式中 W'、W ——原来的匝数和调整后的匝数；

n'、n ——原来的转速和调整后的转速。

如手提电动工具需要改压，则改压后的定子每极匝数和转子线圈匝数可由下式求出

$$W = \frac{W'U}{U'} \tag{8-109}$$

式中 W'、W ——原来的和改压后的定子每极匝数或转子线圈匝数；

U'、U ——原来的和改压后的使用电压(V)。

改压后的定子导线直径

$$d_1 = d'_1 \sqrt{\frac{U'}{U}} \tag{8-110}$$

式中 d_1 和 d'_1——改压后和原来的定子导线直径(mm)。

$$d_2 = d'_2\sqrt{\frac{W'_y}{W_y}} \tag{8-111}$$

式中　d_2 和 d'_2——改压后和原来转子绕组导线直径(mm)。

8.1.10　无铭牌电动机的容量估算

电动机上面一般都有铭牌标注,但有些铭牌已经丢失,或对铭牌有怀疑(如可能钉错)时,一般常用比较方法(即用相等千瓦的铁芯尺寸和电动机形式来比较)来核对电动机容量。如果对它的容量发生怀疑,可以查核电动机的 D^2L 与容量的关系曲线,如图 8-4 ~ 图 8-5 所示。图中的符号 D 代表定子铁芯内径(cm),L 代表定子和转子的铁芯长度(cm)。

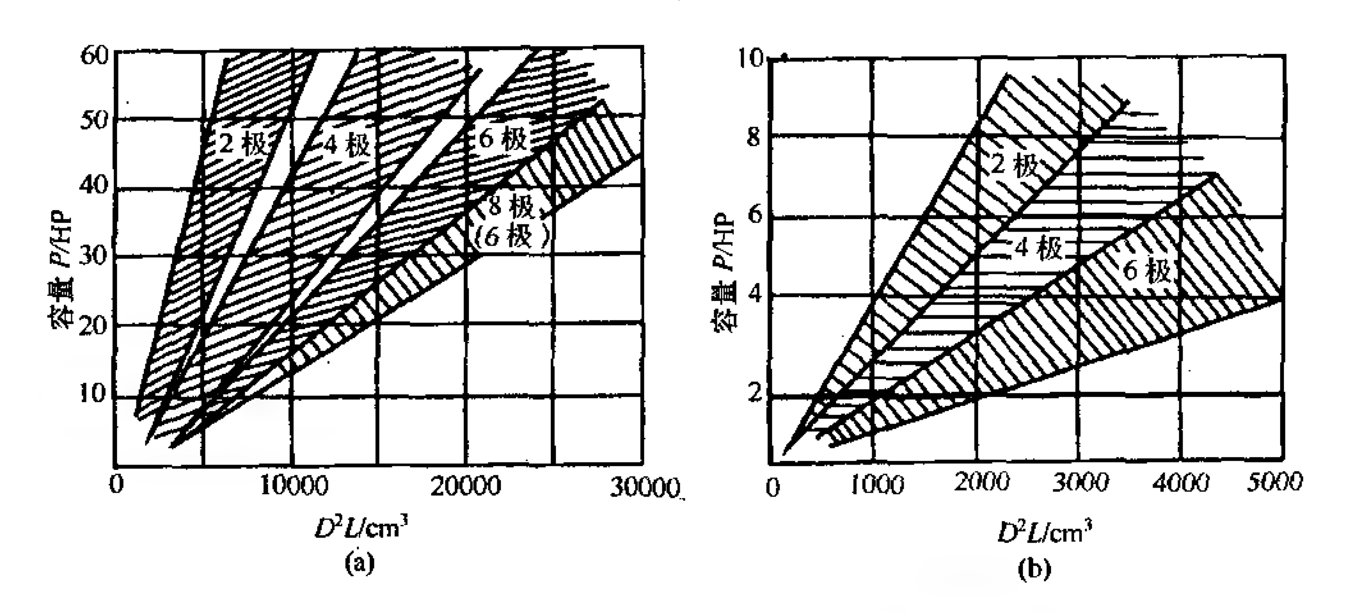


图 8-4　早年出产的三相异步电动机 D^2L 与容量的关系曲线

注:HP(马力)=736W=0.736kW

例 8-11　有一台早年出品的三相封闭式异步电动机,无铭牌,其定子内径为 235mm,长度为 150mm,是 6 极,求它的容量多大?

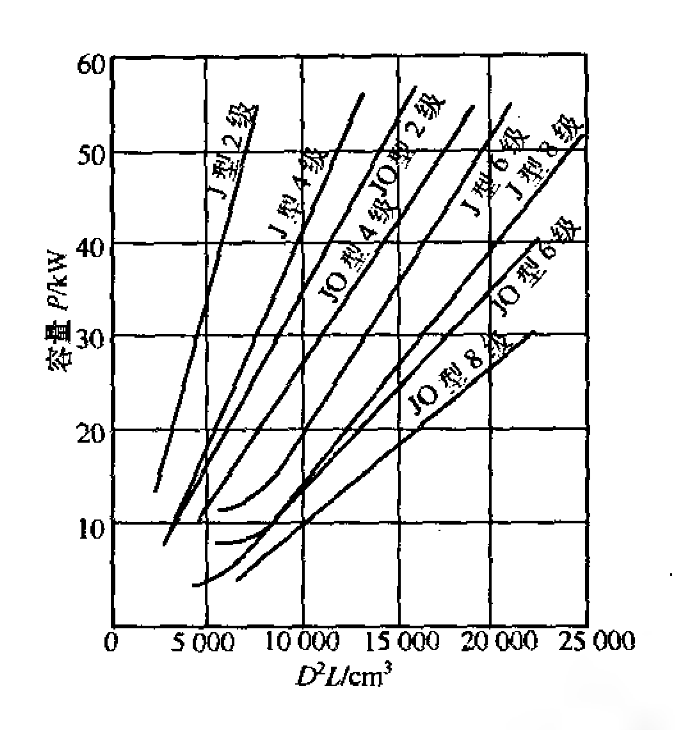


图 8-5 国产系列三相异步电动机 D^2L 与容量的关系曲线

解：$$D^2L = 23.5^2 \times 15 = 8\,280(\text{cm}^3)$$

查图 8-4(a)曲线，在横坐标上找到 8 280 这一点，向上引到 6 极处，考虑其封闭式，故取下限，在纵坐标上查得电动机容量为 14 马力(可换算成千瓦)。

例 8-12 有一台国产系列三相封闭式交流异步电动机，无铭牌，测得其定子内径为 245mm，长度为 240mm，看铁芯像二极的，问做成二极的有多少千瓦？如果改做 4 极的有多少千瓦？

解：$$D^2L = 24.5^2 \times 24 = 14\,400(\text{cm}^3)$$

查图 8-5 曲线，得 55kW。如果改装 4 极，大约有 40kW 容量。

必须说明，一台无铭牌三相异步电动机，根据它的定子内径和长度计算得到的 D^2L，从曲线上查得的容量仅是一项参考值。对于开启式或防滴式电动机可在曲线上选取上限值；若电动机散热不良、工作环境恶劣应选下限值。如已查得电动机额定功率可根据公式(8-3)求出其额定电流，也可以用表 8-10 对照速算出来。

表8-10 功率与电流的对照速算表

P/kW	单相电压为220V，$\cos\varphi=1$ 时										三相四线，电压为380/220V，$\cos\varphi=1$ 时									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	$I(A)=\frac{P(kW)}{0.22(kV)}$										$I(A)=\frac{P(kW)}{0.38\sqrt{3}(kV)}$									
1	4.5	5.0	5.5	5.9	6.4	6.8	7.3	7.7	8.2	8.6	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9
2	9.1	9.5	10.0	10.5	10.9	11.4	11.8	12.3	12.7	13.2	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	4.4
3	18.6	14.1	14.5	15.0	15.5	15.9	16.4	16.8	17.3	17.7	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9
4	18.2	18.6	19.1	19.5	20.0	20.5	20.9	21.4	21.8	22.3	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4
5	22.7	23.2	23.6	24.1	24.5	25.0	25.5	25.9	26.4	26.8	7.6	7.7	7.9	8.0	8.2	8.3	8.5	8.6	8.8	8.9
6.	27.3	27.7	28.2	28.6	29.1	29.5	30.0	30.5	30.9	31.4	9.1	9.2	9.4	9.5	9.7	9.8	10.0	10.2	10.3	10.5
7	31.8	32.3	32.7	33.2	33.6	34.1	34.5	35.0	35.5	35.9	10.6	10.8	10.9	11.1	11.2	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0
8	36.3	36.8	37.3	37.7	38.2	38.6	39.1	39.5	40.0	40.5	12.1	12.3	12.4	12.6	12.8	12.9	13.0	13.2	13.3	13.5
9	40.9	41.4	41.8	42.3	42.7	43.2	43.6	44.1	41.5	45.0	13.6	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	14.5	14.7	14.9	15.0

注:表中所列出的功率计算基数范围是1.0~9.9kW，查求值若大于或小于表中数值时，则电流值的小数点应移位。例如，表中所列 $P=5.5$ 时，$I=25A$；$P=55$ 时，则 $I=250A$；而当 $P=0.55$ 时，$I=2.5A$。

8.2 电动机控制电路的常用计算

8.2.1 电动机启动控制电路的计算

1. 三相异步电动机直接启动条件的计算

$$\frac{I_{st}}{I_N} \leqslant \frac{3}{4} + \frac{\text{电源变压器容量(kV·A)}}{4 \times \text{某台电动机功率(kW)}} \tag{8-112}$$

式中 I_{st}——电动机的全电压启动电流(A)；

I_N——电动机的额定电流(A)。

上式是经验公式,满足上式情况则可以直接启动。

例 8-13 某厂变电所的变压器容量为 1 000kV·A,新装的一台 40kW 的三相笼式电动机投入运行时,是否可以直接启动?

解:根据式(8-110)得

$$\frac{3}{4} + \frac{100}{4 \times 40} = 7$$

由电动机产品样本查得这台电动机的

$$\frac{I_{st}}{I_N} = 5$$

故这台电动机可以直接启动。

2. 三相异步电动机电阻降压启动控制电路的计算

(1) 启动电流 I'_{st}

$$I'_{st} = kI_{st} \tag{8-113}$$

式中 I_{st}——全电压时的启动电流,$I_{st} = (4 \sim 7) I_N$,某些电动机可达 $I_{st} = 8 \sim 12 I_N$；

k——小于 1 的系数。

(2) 启动转矩 T'_{st}

$$T'_{st} = k^2 T_{st} \tag{8-114}$$

式中　T_{st}——电动机在额定电压时的启动转矩(N·m)。

(3) 定子对称串接的启动电阻 R_{st} 的计算

$$R_{st} = \sqrt{(a^2 - 1)x^2 + a^2 r^2} - r \tag{8-115}$$

或

$$R_{st} = \sqrt{(b - 1)x^2 + br^2} - r \tag{8-116}$$

其中

$$a = \frac{I_{st}}{I'_{st}}, \quad b = \frac{T_{st}}{T'_{st}}$$

a、b 值由生产机械的要求决定，必须保证降压启动时的 $T'_{st} > T$。T 是负载转矩，一般取 $a = 2$。

$$r = (0.25 \sim 0.4)|Z|$$

定子绕组为星形接法时

$$|Z| = \frac{U_N}{\sqrt{3} I_{st}}$$

定子绕组为三角形接法时

$$|Z| = \frac{\sqrt{3} U_N}{I_{st}}$$

$$x = \sqrt{|Z|^2 - r^2} = (0.91 \sim 0.97)|Z|$$

也可用下面近似公式计算。

$$R_{st} = \frac{220}{I_{st}} \sqrt{\left(\frac{I_{st}}{I'_{st}}\right)^2 - 1} \tag{8-117}$$

(4) 定子不对称串接的启动电阻 R_{st} 的计算

$$R_{st} = R_{dx} - 2r + \sqrt{R_{dx}^2 - R_{dx} r + r^2} \tag{8-118}$$

其中

$$R_{dx} = \sqrt{(a^2 - 1)x + a^2 r^2}$$

或
$$R_{dx} = \sqrt{(b-1)x^2 + br^2}$$
也可近似计算，即
$$R_{st}(\text{不对称}) = 1.5R_{st}(\text{对称}) \tag{8-119}$$
（5）启动电阻的功率计算
$$P = I_N^2 R_{st} \tag{8-120}$$
一般选用启动电阻的功率为计算值的$\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$。

例 8-14　有一台三相笼式异步电动机的功率为 17kW，额定电流为 32.9A，额定电压为 380V，星形连接，采用定子串对称电阻减压启动，求启动电阻 R_{st}。

解：由电动机产品样本查得 $I_{st} = 164\text{A}$，取 $a = 2$，
$$|Z| = \frac{380}{\sqrt{3} \times 164} = 1.3\Omega$$
$$r = 0.4|Z| = 0.52\Omega$$
$$x = 0.91 \cdot |Z| = 0.91 \times 1.3 = 1.18(\Omega)$$
$$\begin{aligned} R_{st} &= \sqrt{(a^2-1)x^2 + a^2r^2} - r \\ &= \sqrt{(2^2-1) \times 1.18^2 + 2^2 \times 0.52^2} - 0.52 \\ &= 1.76(\Omega) \end{aligned}$$
电阻功率为
$$P = I_N^2 R_{st} = 32.9^2 \times 1.76 = 1.9(\text{kW})$$
取该值的二分之一，则电阻功率为 0.95kW，取 1kW。

3. 三相异步电动机自耦变压器减压启动控制电路的计算

（1）自耦变压器的一次侧电压 U_1 和二次侧电压 U_2 的关系
$$\frac{U_2}{U_1} = k_A = \frac{N_2}{N_1} \tag{8-121}$$

式中　N_1、N_2——变压器的原绕组及副绕组匝数(N_2 是抽头部分的匝数)；

K_A——小于1的数，有0.85、0.65两个值可供选择使用。

(2) 启动电流 I'_{st}

$$I'_{st}=k_A I_{st} \tag{8-122}$$

式中　I_{st}——全电压启动时的启动电流(A)；

I'_{st}——电动机的减压启动电流，即变压器的二次电流(A)。

自耦变压器的一次电流 I 就是减压启动时从电网索取的电流。

$$I=K_A^2 I_{st} \tag{8-123}$$

(3) 启动转矩 T'_{st}

$$T'_{st}=K_A^2 T_{st} \tag{8-124}$$

式中　T_{st}——全电压启动转矩(N·m)。

(4) 自耦变压器的容量 P_T 的计算

$$P_T \geqslant \frac{P_N K_I \left(\frac{U_T\%}{100}\right)^2 nt}{T} \tag{8-125}$$

式中　P_N——电动机的额定容量(kW)；

K_I——直接启动时的启动电流 I_{st} 与额定电流 I_N 的比值，即

$$K_I=\frac{I_{st}}{I_N};$$

$U_T\%$——自耦变压器的抽头电压，用额定电压的百分数表示，如65%、85%等，在计算时用65、85整数代入。

n ——启动次数；

t ——启动一次的时间(min)；

T ——最大启动时间(min)。

自耦变压器的启动功率 P_{Tst} 为

$$P_{Tst} = P_N K_1 \left(\frac{U_T \%}{100} \right)^2 \tag{8-126}$$

例 8-15　有一台电动机的额定功率为 100kW，K_I 为 5，按生产机械的要求，电动机启动时允许的最低电压为额定电压的 60%，设启动器启动次数 $n=2$，每次启动的时间 $t=0.5$min，选择最大启动时间为 $T=80$s 的类型。试计算并选择自耦变压器。

解：由式(8-125)得

$$P_T \geqslant \frac{100 \times 5 \times \left(\frac{65}{100} \right)^2 \times 2 \times 0.5}{80/60} = 162.5\text{kV} \cdot \text{A}$$

选择 QJ_3-125 自耦变压器，其容量为 164.5kV·A。

4. 三相异步电动机星形－三角形减压启动控制电路的计算

(1) 启动电压

$$U_{stY} = \frac{1}{\sqrt{3}} U_{st\Delta} \tag{8-127}$$

式中　U_{stY}——定子绕组星形连接时的启动电压(V)；

$U_{st\Delta}$——定子绕组采用三角形连接时的直接启动电压(V)。

(2) 启动电流

$$I_{stYP} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{st\Delta p} \tag{8-128}$$

式中　I_{stYP}——定子绕组星形连接时每相定子绕组的启动电流(A)；

$I_{st\Delta p}$——定子绕组三角形连接直接启动时每相定子绕组的启动电流(A)。

$$I_{stYl}=\frac{1}{3}I_{st\Delta l} \tag{8-129}$$

式中　I_{stYl}——星形连接启动时的线电流(A)；

$I_{st\Delta l}$——三角形连接启动时的线电流(A)。

(3) 启动转矩

$$T_{stY}=\frac{1}{3}T_{st\Delta} \tag{8-130}$$

式中　T_{stY}——星形连接时的启动转矩(N·m)；

$T_{st\Delta}$——三角形连接时的启动转矩(N·m)。

例8-16　有一台Y225M－4型三相异步电动机，其额定功率为45kW，额定转速为1480r/min，额定电压为380V，额定电流为84A，用三角形连接，$I_{st\Delta}/I_N=5$，$T_{st\Delta}/T_N=2$。求：①采用Y－△降压启动方法时的启动电流和启动转矩为多少？②当负载转矩为额定转矩的80%和50%两种情况时，电动机能否启动？

解：

① $I_{st\Delta}=5I_N=5\times 84=420A$

$$I_{stY}=\frac{1}{3}I_{st\Delta}=\frac{1}{3}\times 420=140(A)$$

$$T_N=9\ 550\frac{P_N}{n_N}=9\ 550\times\frac{45}{1480}=290(N\cdot m)$$

$$T_{st\Delta}=2T_N=2\times 290=580(N\cdot m)$$

$$T_{stY}=\frac{1}{3}T_{st\Delta}=\frac{1}{3}\times580=193.3(N\cdot m)$$

② 负载转矩 $=80\%T_N=232N\cdot m>T_{stY}=193.3N\cdot m$，所以不能启动。

当负载转矩 $=50\%T_N=145N\cdot m$ 时，$T_{stY}=193.3N\cdot m>145N\cdot m$，能启动。

5. 三相异步电动机延边三角形降压启动控制电路的计算

图 8-6 是电动机定子绕组延边三角形降压启动控制电路的原理图。

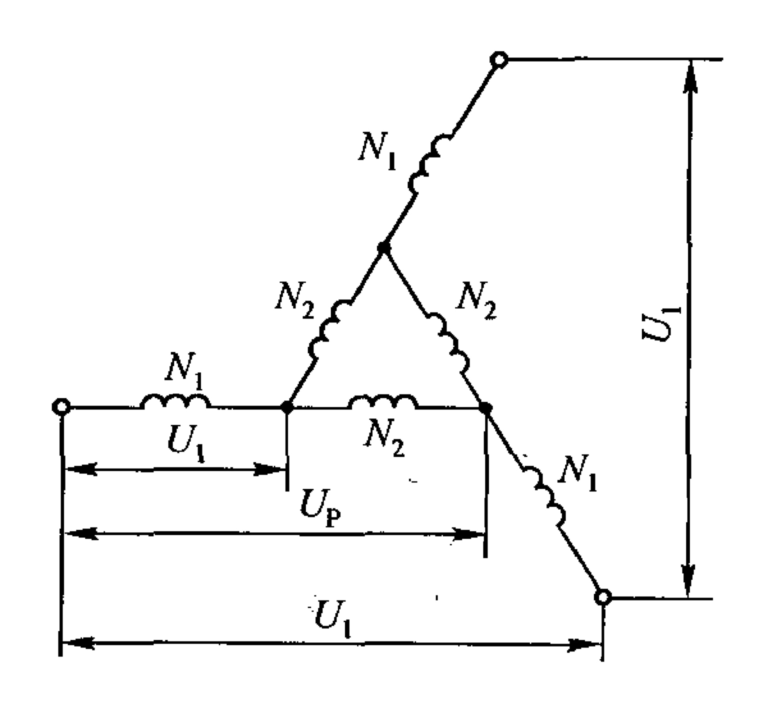


图 8-6 电动机定子绕组延边三角形降压启动控制电路的原理图

(1) 延边(△)接法时，相电压 U_P 的计算

$$\begin{cases}U_P=\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{N_2}{N_1}\right)U_1 & ①\\ U_P^2+U_1^2+U_PU_1=U_L^2 & ②\end{cases}$$

式中　U_1 ——线电压(V)；

N_1 ——定子绕组 Y 部分的匝数；

N_2 ——定子绕组△部分的匝数。

U_L、N_1、N_2 均已知，解方程①、②可求得 U_p。

例 8-17　设$\frac{N_2}{N_1}=1$，$U_L=380V$，求 U_p。

解：$U_p=\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\times 1\right)U_1=1.577U_1$

$$U_1=\frac{U_p}{1.577}$$

$$U_p^2+U_1^2+U_pU_1=U_L^2$$

$$U_p^2+\left(\frac{U_p}{1.577}\right)^2+U_p\cdot\frac{U_p}{1.577}=380^2$$

则

$$U_p=266V$$

例 8-18　设$\frac{N_2}{N_1}=2$，$U_L=380V$，求 U_p。

解：$U_p=\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\times 2\right)U_1=2.156U_1$

$$U_1=\frac{U_p}{2.156}$$

$$U_p^2+\left(\frac{U_p}{2.156}\right)^2+U_p\cdot\frac{U_p}{2.156}=380^2$$

则

$$U_p=293V$$

（2）启动电流的计算

$$\dot{I}_{st\triangle}=\frac{\dot{U}_1/\sqrt{3}}{Z_1+\frac{1}{3}Z_2} \tag{8-131}$$

式中 $\dot{I}_{st\triangle}$——△接法时的启动电流(A)；

$\dot{U}_1$——电源线电压(V)；

Z_1——△接法时，Y部分的每相复数阻抗(Ω)；

Z_2——△接法时，△部分的每相复数阻抗(Ω)。

定子绕组接成△时的全电压启动电流 $\dot{I}'_{st\triangle}$ 为

$$\dot{I}'_{st\triangle}=\frac{\sqrt{3}\dot{U}_1}{Z_1+Z_2}=\frac{\sqrt{3}\dot{U}_1}{Z}$$

$$I'_{st\triangle}=\frac{\sqrt{3}U_1}{|Z|} \tag{8-132}$$

式中 $Z=Z_1+Z_2$——电动机定子绕组的每相复数阻抗(Ω)。

$$\frac{\dot{I}_{st\triangle}}{\dot{I}'_{st\triangle}}=\frac{\dot{U}_1/\sqrt{3}}{Z_1+\frac{1}{3}Z_2}\bigg/\frac{\sqrt{3}\dot{U}_1}{Z}$$

$$=\frac{Z}{3\times\left(Z_1+\frac{1}{3}Z_2\right)} \tag{8-133}$$

例8-19 某台电动机采用△—△降压启动，定子绕组抽头之比为 $N_2/N_1=2$，求降压启动电流和全电压启动电流之比。

解：降压启动时，$\dot{I}_{st\triangle}=\dfrac{\dot{U}_1/\sqrt{3}}{Z_1+\frac{1}{3}Z_2}$

全压启动时 $\dot{I}'_{st\triangle}=\sqrt{3}\dot{U}_1/Z=\sqrt{3}\dot{U}_1/Z_1+Z_2$

又 $N_2/N_1=Z_2/Z_1=2$

则降压启动时 $\dot{I}_{st\triangle}=\dfrac{\dot{U}_1/\sqrt{3}}{Z_1+\frac{2}{3}Z_1}=\dfrac{\dot{U}_1}{\sqrt{3}\times\frac{5}{3}Z_1}=\dfrac{3\dot{U}_1}{5\sqrt{3}Z_1}$

全压启动时　$\dot{I}'_{st\Delta}=\sqrt{3}\dot{U}_1/Z_1+Z_2=\sqrt{3}\dot{U}_1/3Z_1$

则
$$\frac{\dot{I}_{st\Delta}}{\dot{I}'_{st\Delta}}=\frac{3\dot{U}_1}{5\sqrt{3}Z_1}\Big/\frac{\sqrt{3}\dot{U}_1}{3Z_1}=\frac{3}{5}=0.6$$

则
$$\frac{I_{st\Delta}}{I'_{st\Delta}}=0.6$$

(3) 启动转矩的计算

$$\frac{T_{st\Delta}}{T'_{st\Delta}}\approx\frac{I_{st\Delta}}{I'_{st\Delta}} \tag{8-134}$$

式中　$T'_{st\Delta}$——△接法全电压启动的启动转矩(N·m)；

$T_{st\Delta}$——△接法降压启动的启动转矩(N·m)。

6. 三相绕线式异步电动机启动控制电路的计算

1) 转子绕组外接启动电阻的计算

在计算启动电阻的阻值前，首先确定启动电阻的级数，启动电阻的级数由表 8-11 决定。

表 8-11　启动电阻的级数

电动机容量(kW)	启动电阻级数			
	半负荷启动		全负荷启动	
	平衡短接法	不平衡短接法	平衡短接法	不平衡短接法
100 以下	2～3	4 级以上	3～4	4 级以上
100～200	3～4	4 级以上	4～5	5 级以上
200～400	3～4	4 级以上	4～5	5 级以上
400～800	4～5	5 级以上	5～6	6 级以上

转子绕组中每相串接的各级电阻值可用下式计算

$$R_n=K^{m-n}r \tag{8-135}$$

$$K=\sqrt[m]{\frac{1}{s}} \tag{8-136}$$

式中 K——常数；

s——电动机的额定转差率；

m——启动电阻的级数；

n——各级电阻的序号，如 $m=4$，序号为 1，2，3，4。最后一级启动电阻的序号 n 在数值上与 m 相等；

r——m 级启动电阻中，序号为最后一级的电阻值，即平衡短接法中最后被短接的那一级电阻(Ω)。

$$r=\frac{E_2(1-s)}{\sqrt{3}I_2}\cdot\frac{K-1}{K^m-1} \tag{8-137}$$

式中 E_2——电动机的转子电压(V)；

I_2——电动机的转子电流(A)。

例 8-20 一台三相绕线型异步电动机的容量为 150kW，定子额定电压为 380V，额定转速为 1 460r/min，转子电压为 190V，转子电流为 450A，当这台电动机在半负荷启动，且采用平衡短接法时，求启动电阻 R_{st}。

解：查表 8-11，确定启动电阻的极数 m 为 3。

$$s=\frac{1\,500-1\,460}{1\,500}=0.026$$

$$K=\sqrt[m]{\frac{1}{s}}=\sqrt[3]{\frac{1}{0.026}}=1.6$$

$$r=\frac{E_2(1-s)}{\sqrt{3}I_2}\cdot\frac{K-1}{K^m-1}$$

$$=\frac{190(1-0.026)}{\sqrt{3}\times 450}\times\frac{1.6-1}{1.6^3-1}=0.046(\Omega)$$

第一级启动电阻为

$$R_{st1}=K^{m-n}r=1.6^{3-1}\times0.046=0.12(\Omega)$$

第二级启动电阻为

$$R_{st2}=1.6^{3-2}\times0.046=0.07(\Omega)$$

第三级启动电阻为

$$R_{st3}=1.6^{3-3}\times0.046=0.046(\Omega)$$

每相启动电阻的功率为

$$P=I_2^2R_{st} \tag{8-138}$$

式中　I_2 ——转子电流(A)；

R_{st} ——每相总的启动电阻，即为每相各级电阻的和。

$$R_{st}=R_{st1}+R_{st2}+R_{st3}+\cdots+R_{stn} \tag{8-139}$$

实际选用的功率，对频繁启动的场合，一般选用计算值的二分之一；对不频繁启动的场合，可选计算值的三分之一。

例8-21　某生产机械用三相绕线型异步电动机拖动，其电动机的 P_N = 28kW，U_N = 380V，I_{2N} = 71A，E_2 = 250V，n_N = 1 420r/min，生产机械要求全负荷启动，采用不平衡短接法，求启动电阻 R_{st}和每相启动电阻的功率 P。

解：查表8-11，取启动电阻级数 $m=4$。

$$s=\frac{1\,500-1\,420}{1\,500}=0.053$$

$$K=\sqrt[m]{\frac{1}{s}}=\sqrt[4]{\frac{1}{0.053}}=2.08$$

$$r=\frac{E_2(1-s)}{\sqrt{3}I_{2N}}\cdot\frac{K-1}{K^m-1}$$

$$=\frac{250(1-0.053)}{\sqrt{3}\times71}\times\frac{2.08-1}{2.08^4-1}=0.12(\Omega)$$

第一级启动电阻为

$$R_{st1}=K^{m-n}.r=2.08^{4-1}\times0.12=1.08(\Omega)$$

第二级启动电阻为

$$R_{st2}=2.08^{4-2}\times0.12=0.52(\Omega)$$

第三级启动电阻为

$$R_{st3}=2.08^{4-3}\times0.12=0.25(\Omega)$$

第四级启动电阻为

$$R_{st4}=r=0.12(\Omega)$$

每相启动电阻的功率

$$P=I^2R_{st}$$

$$\begin{aligned}R_{st}&=R_{st1}+R_{st2}+R_{st3}+R_{st4}\\&=1.08+0.52+0.25+0.12=1.97(\Omega)\end{aligned}$$

$$P=71^2\times1.97=9.93\text{kW}$$

如果不频繁启动,则可取计算值的二分之一,即取启动电阻的功率为5kW。

2）转子绕组外串接频敏变阻器启动的控制电路中频敏变阻器的计算。

图8-7是某读者自己制作的管式频敏变阻器的结构简图。图中1为用钢管做成的铁芯,2为用钢板或槽钢做成的铁轭,3为线圈。其各项参数的计算如下。

（1）钢管的选择

钢管外径D及管壁的厚度δ_1的选择,是由电动机容量及生产现场条件决定的,电动机容量越大,所需钢管外径也就越粗。管壁厚度δ_1由市场产品决定。

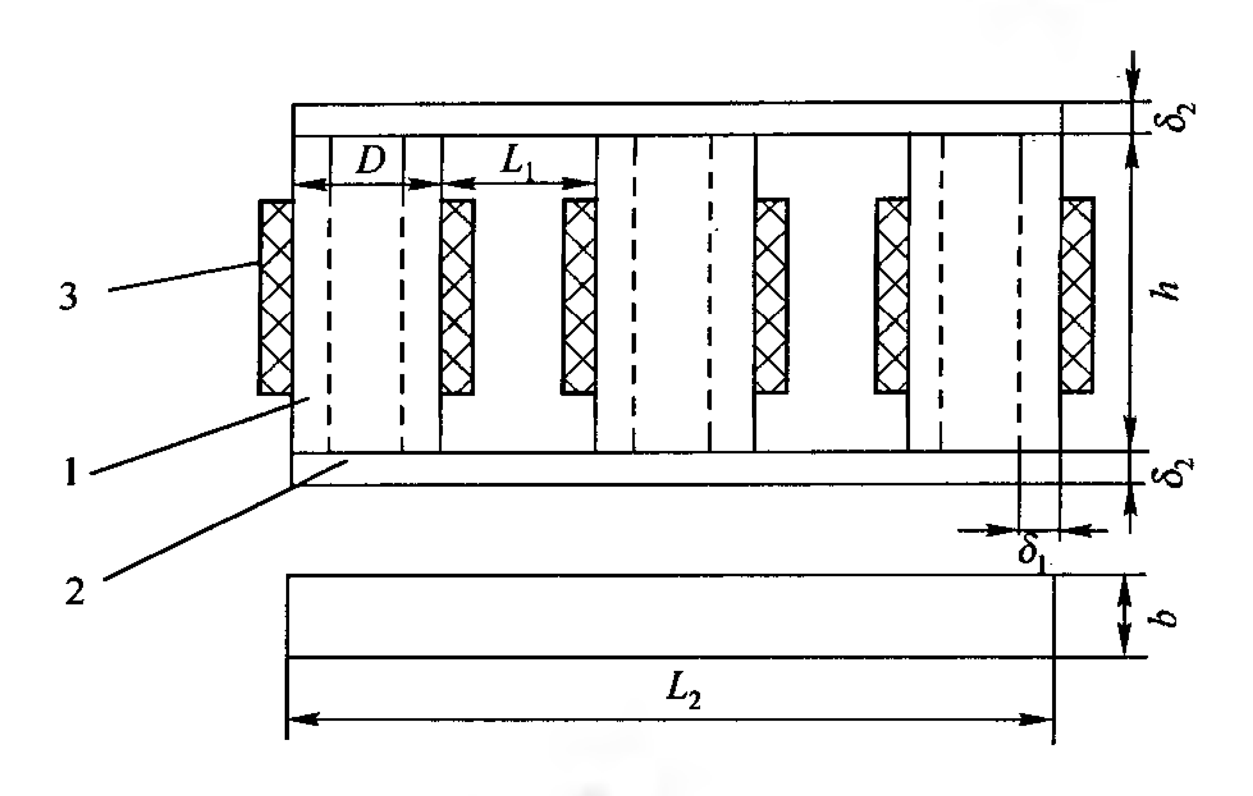


图8-7　管式频敏变阻器的结构简图

（2）钢管高度 h 的计算

$$h=\frac{C_1P_N}{2D\delta_1^2} \tag{8-140}$$

式中　C_1——常数,查表8-12确定;

P_N——电动机的额定功率(kW);

D——钢管的外径(cm);

δ_1——钢管的壁厚(cm)。

（3）线圈匝数 N 及导线截面 S 的计算

$$N=C_2\frac{\delta_1 h}{I_{2N}} \tag{8-141}$$

式中　C_2——常数,查表8-12确定;

I_{2N}——电动机转子绕组的额定电流(A)。

$$S=C_3I_{2N} \tag{8-142}$$

式中 C_3——常数，查表 8-12 确定。

(4) 窗口宽度 L_1 的计算

$$L_1 \leqslant 6 \cdot \frac{NS}{h} \tag{8-143}$$

式中，S 的单位取 mm^2，h 的单位取 mm。

(5) 铁轭厚度 δ_2 和宽度 b 及长度 L_2 的计算

$$\begin{cases} \delta_2 \geqslant \frac{3}{4}\delta_1 \\ b \geqslant D \\ L_2 \geqslant 3D + 2L_1 \end{cases} \tag{8-144}$$

表 8-12 常数 C 的选择

常 数	轻 载	重轻载	重 载
C_1	4.3	8.6	8.6
C_2	692	390	292
C_3	0.05	0.08	0.10

例 8-22 一台 YR-280M-4 全封闭式线绕式转子三相异步电动机，$P_N = 75kW$，$I_{2N} = 128.5A$，在重轻载下启动，选自制管式频敏变阻器做启动设备，试计算频敏变阻器的各参数。

解：查表 8-12，$C_1 = 8.6$，$C_2 = 390$，$C_3 = 0.08$。由现场条件，选择无缝钢管的外径 $D = 60mm$，管壁厚度 $\delta_1 = 10mm$。

钢管高度：

$$h = \frac{C_1 P_N}{2D\delta_1^2} = \frac{8.6 \times 75}{2 \times 6 \times 1^2} = 53.75cm$$

取 54cm。

线圈匝数：

$$N = C_2 \frac{\delta_1 h}{I_2 N} = 390 \frac{1 \times 54}{128.5} = 163.9 \text{ 匝}$$

取 164 匝。

导线截面积：

$$S = C_3 I_{2N} = 0.08 \times 128.5 = 10.3(\text{mm}^2)$$

取 11mm^2。

窗口宽度：

$$L_1 \geqslant 6 \frac{N \cdot S}{h} = 6 \times \frac{164 \times 11}{540} = 20.04(\text{mm})$$

取 21mm。

铁轭厚度：

$$\delta_2 \geqslant \frac{3}{4}\delta_1 = \frac{3}{4} \times 10 = 7.5(\text{mm})$$

取 8mm。

铁轭宽度：

$$b \geqslant D = 60\text{mm}$$

铁轭长度：

$$L_2 \geqslant 3D + 2L_1 = 3 \times 6 + 2 \times 2.1 = 20.2(\text{cm})$$

7. 直流电动机启动控制电路的计算

直接启动电流为

$$I_{ast} = \frac{U}{R_a} \tag{8-145}$$

式中　I_{ast}——启动时的电枢电流(A)；

　　U——电源电压；

R_a——电枢电阻(Ω)。

$$I_{ast}=(10\sim20)I_{aN}(额定电流)$$

一般规定

$$I_{ast}\leqslant(1.5\sim2.5)I_{aN}$$

在他励(或并励)直流电动机、恒转矩负载、各级启动电阻切换时,电枢电流恒定及不考虑电枢绕组电感等情况下,对控制电路的计算如图8-8所示。

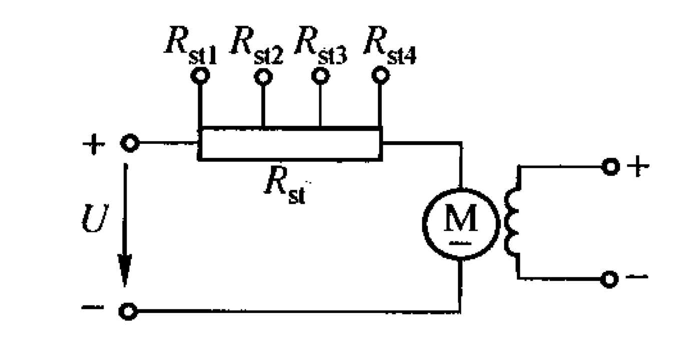


图8-8 启动控制电路的计算图

1) 启动时的电枢电流 I_{ast}

$$I_{ast}=(1.5\sim2.5)I_{aN} \tag{8-146}$$

式中 I_{aN}——电枢的额定电流,即电动机铭牌上的电流(A)。

2) 启动转矩 T_{st}

$$T_{st}=(1.5\sim2.5)T_N \tag{8-147}$$

式中 T_N——电动机的额定转矩(N·m)。

3) 启动电阻 R_{st}

启动电阻的计算,主要应计算启动电阻的级数 m 和每级的分段电阻值。

(1) 启动电阻级数 m 的选择,级数 m 由表8-13确定。

(2) 各级启动电阻的计算

$$R_m = \sum R_{st} + R_a = \frac{U}{I_{st}} \tag{8-148}$$

表 8-13 启动电阻级数 *m* 的选择

电动机容量(kW)	手动控制			继电-接触器控制				
	并励	串励	复励	并励			串励	复励
				全负荷	半负荷	通风机离心泵		
0.75~2.5	2	2	1	1	1	1	1	1
3.5~7.5	4	4	4	2	1	2	2	2
10~20	4	4	4	3	2	2	2	2
22~35	4	4	4	4	2	3	2	3
35~55	7	7	7	4	3	3	2	3
60~90	7	7	7	5	3	4	3	4
100~200	9	9	9	6	4	4	3	4

式中 R_m ——电枢电路总电阻(Ω)；

$\sum R_{st}$ ——总的启动电阻(Ω)；

R_a ——电枢绕组的电阻(Ω)；

U ——电源电压；

I_{st} ——启动电流，取 $I_{st}=(1.5\sim2.5)I_N$。

$$\beta = \sqrt[m]{\frac{R_m}{R_a}} \tag{8-149}$$

式中 m ——启动电阻级数；

β ——电流比例系数。

第一级启动电阻：

$$R_{st1} = R_1 - R_a$$

式中，$R_1=\beta R_a$，它是指用一级启动电阻时的电枢电路总电阻。

第二级启动电阻：

$$R_{st2}=R_2-R_1$$

式中，$R_2=\beta R_1$，它是指用二级启动电阻时的电枢电路总电阻。

第三级启动电阻：

$$R_{st3}=R_3-R_2$$

式中，$R_3=\beta R_2$，它是指用三级启动电阻时的电枢电路总电阻。

第 m 级启动电阻：

$$R_{stm}=R_m-R_{m-1}$$

式中，$R_m=\beta R_{m-1}$，它是指用 m 级启动电阻时的电枢电路总电阻。

R_{m-1}是指用 $m-1$ 级启动电阻时的电枢电路总电阻。

例 8-23 有一台他励直流电动机，$P_N=37\text{kW}$，$U_N=440\text{V}$，$I_N=95\text{A}$，电枢绕组电阻 $R_a=0.35\Omega$，$n_N=1\ 000\text{r/min}$，采用继电－接触器控制启动电阻切换，及二分之一负荷启动，试计算启动电阻。

解：由表 8-13 查得 $m=3$，

$$I_{st}=2\cdot I_N=2\times95=190(\text{A})$$

$$R_m=R_3=\frac{U_N}{I_{st}}=\frac{400}{190}=2.316(\Omega)$$

$$\beta=\sqrt[3]{\frac{R_3}{R_a}}=\sqrt[3]{\frac{2.316}{0.35}}=1.877$$

$$R_1=\beta R_a=1.877\times0.35=0.657(\Omega)$$

$$R_{st1}=R_1-R_a=0.657-0.35=0.307(\Omega)$$

$$R_2=\beta R_1=1.877\times0.657=1.233(\Omega)$$

$$R_{st2}=R_2-R_1=1.233-0.657=0.576(\Omega)$$

$$R_{st3}=R_3-R_2=2.316-1.233=1.083(\Omega)$$

4）启动时间

（1）各级启动时间

$$t_{stn}=\tau_m \ln\frac{I_{st}-I(\infty)}{I_m-I(\infty)} \tag{8-150}$$

式中 t_{stn}——各级启动时间(s)；

I_{st}——启动过程中的最大电流，取 $I_{st}=1.5\sim2.5I_N$；

$I(\infty)$——稳定电流，即启动结束正常运行后的电流，一般取 $I(\infty)=I_N$；

I_m——启动电阻切换时的电流，各级电阻切换时的电流都取相同值，取 $I_m=(1.1\sim1.2)I_N$；

τ_m——电力拖动系统的机电时间常数。

$$\tau_m=\frac{GD^2R}{375K_eK_T\Phi^2} \tag{8-151}$$

式中 GD^2——机械惯性矩($N\cdot m^2$)；

R——各级启动时电枢电路总电阻，即

$$R=R_a+\sum R_{st}(\Omega);$$

R_a——电枢绕组电阻(Ω)；

$\sum R_{st}$——各级启动时电枢电路启动电阻之和(Ω)；

K_e、K_T——电机的结构常数，取 $K_e=1.03K_T$ 或 $K_e\Phi=1.03K_T\Phi$；

Φ——磁场的磁通(Wb)。

（2）总的启动时间

$$t_{st}=\sum_{n=1}^{m}t_{stn}+(3\sim4)\tau_m \tag{8-152}$$

式中 m——启动电阻级数；

τ_m——当 $R=R_a$ 时，算出的时间常数(s)。

一般认为启动电阻切换到末级，由末级到达稳定转速 n_N 的时间为 $t=(3\sim4)\tau_m$。

例 8-24　求例 8-23 中的各级启动时间和总的启动时间 t_{st}。

解：
$$K_e\Phi=\frac{U_N-I_NR_a}{n_N}$$
$$=\frac{400-95\times0.35}{1\ 000}=0.367$$
$$K_T\Phi=\frac{K_e\Phi}{1.03}=\frac{0.367}{1.03}\approx0.356$$

第一级启动时间常数：
$$\tau_{m1}=\frac{GD^2(R_a+R_{st1}+R_{st2}+R_{st3})}{375K_eK_T\Phi^2}$$
$$=\frac{37.24\times(0.35+0.307+0.576+1.083)}{375\times0.367\times0.356}$$
$$=1.76s$$

第一级启动时间：
$$t_{st1}=\tau_{m1}\cdot\ln\frac{I_{st}-I(\infty)}{I_m-I(\infty)}$$

取 $I(\infty)=I_N, I_{st}=2I_N, I_m=1.2I_N$

则
$$t_{st1}=1.76\times\ln\frac{2I_N-I_N}{1.2I_N-I_N}$$
$$=1.76\times1.61=2.83(s)$$

第二级启动时间：
$$t_{st2}=\tau_{m2}\cdot\ln\frac{I_{st}-I(\infty)}{I_m-I(\infty)}$$

$$\tau_{m2} = \frac{GD^2(R_a + R_{st1} + R_{st2})}{375K_eK_T\Phi^2}$$

$$= \frac{37.24 \times 1.233}{49} = 0.94(s)$$

$$t_{st2} = 0.94 \times 1.61 = 1.5(s)$$

第三级启动时间：

$$t_{st3} = \tau_{m3} \cdot \ln \frac{I_{st} - I(\infty)}{I_m - I(\infty)}$$

$$\tau_{m3} = \frac{GD^2(R_a + R_{st1})}{375K_eK_T\Phi^2}$$

$$= \frac{37.24 \times 0.657}{49} = 0.5(s)$$

$$t_{st3} = 0.5 \times 1.61 = 0.8(s)$$

总的启动时间：

$$t_{st} = t_{st1} + t_{st2} + t_{st3} + (3 \sim 4)\tau_m$$

$$\tau_m = \frac{GD^2 R_a}{375K_eK_T\Phi^2} = \frac{37.24 \times 0.35}{49} = 0.27(s)$$

则

$$t_{st} = 2.83 + 1.5 + 0.8 + 4 \times 0.27 = 6.19(s)$$

8.2.2　电动机制动控制电路的计算

1. 反接制动电阻的计算

(1) 三相定子绕组串接对称制动电阻

每相串联的电阻为

$$R = K\frac{U_P}{I_{st}} \tag{8-153}$$

式中 K——系数,要求最大的反接制动电流不超过全电压启动电流时,K取1.3;如果要求最大的反接制动电流不超过全电压启动电流的一半时,K取1.5;

U_p——全电压启动定子绕组的相电压(V);

I_{st}——全电压启动电流(A)。

(2) 三相定子绕组中两相串制动电阻

每相串联的电阻是式8-153计算值的1.5倍。

(3) 反接制动电阻的功率P

$$P = I_N^2 R \tag{8-154}$$

式中 I_N^2——电动机的额定电流(A);

R——每相串联的制动电阻(Ω)。

实际选用时,如果仅用于制动,而且不频繁反接制动,可选功率为计算值的1/4;如果又用于限制启动电流,并且电动机较为频繁启动时,选用电阻功率为计算值的1/3到1/2。

例8-25 一台Y200L三相笼式异步电动机,$P_N = 30kW$,$I_N = 56.9A$,$U_N = 380V$,Y形接法,要求反接制动电流的最大值$< \frac{1}{2} I_{st}$(全电压启动电流),采用串接对称制动电阻,试计算反接制动电阻。如果两相串制动电阻,求制动电阻。

【解】 由有关产品手册查得

$$I_{st} = 7I_N = 7 \times 56.9 = 398.3A$$

取$K = 1.5$,

$$U_P = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

$$R=K\frac{U_P}{I_{st}}=1.5\frac{220}{398.3}=0.83\Omega$$

电阻功率：

$$P=I_N^2R=56.9^2\times0.83=2\ 687\text{W}$$

取计算值的四分之一，即取0.7kW。

如果两相串制动电阻，制动电阻：

$$R=0.83\times1.5=1.25\Omega$$

电阻功率：

$$P=56.9^2\times1.25=4\ 047\text{W},\text{取}4\text{kW}$$

2. 三相异步电动机能耗制动控制电路的计算

能耗制动所需要的直流电压和直流电流的计算与定子绕组接法有关，表8-14表示能耗制动直流电压 U_d 和直流电流 I_d 的计算，表中的 R_d 是电动机定子绕组两根进线通直流电流的直流电阻，R_1 是一相定子绕组的直流电阻，I_1 是定子绕组相电流的有效值（可由 I_N 求得）。

例8-26 图8-9是能耗制动电气控制电路，电动机的 $P_N=13\text{kW}$，$U_N=380\text{V}$，$I_N=9.7\text{A}$，Y形接法，制动电流通过两相定子绕组，另一相定子绕组悬空，如图8-10所示，测得每相绕组的电阻为0.32Ω，试计算直流电源的电压 U_d、制动的直流电流 I_d 及桥式整流电路各元器件的规格。

解：(1) 计算 I_d、R_d、U_d。

$$I_1=I_N=9.7\text{A}$$

$$I_d=1.22I_1=1.22\times9.7=11.83\text{A}$$

$$R_d=2R_1=2\times0.32=0.64\Omega$$

$$U_d=2.44I_1R_1=2.44\times9.7\times0.32=7.57\text{V}$$

表 8-14 能耗制动的直流电压、直流电流的计算

接 线 图	直流电阻 R_d	直流电流 I_d	直流电压 U_d
I_d U_d + −	$2R_1$	$1.22I_1$	$2.44I_1R_1$
I_d U_d + −	$1.5R_1$	$1.41I_1$	$2.12I_1R_1$
I_d U_d + −	$\frac{2}{3}R_1$	$2.12I_1$	$1.41I_1R_1$
I_d U_d + −	$\frac{1}{2}R_1$	$2.45I_1$	$1.22I_1R_1$
I_d U_d + −	$3R_1$	$1.05I_1$	$3.15I_1R_1$

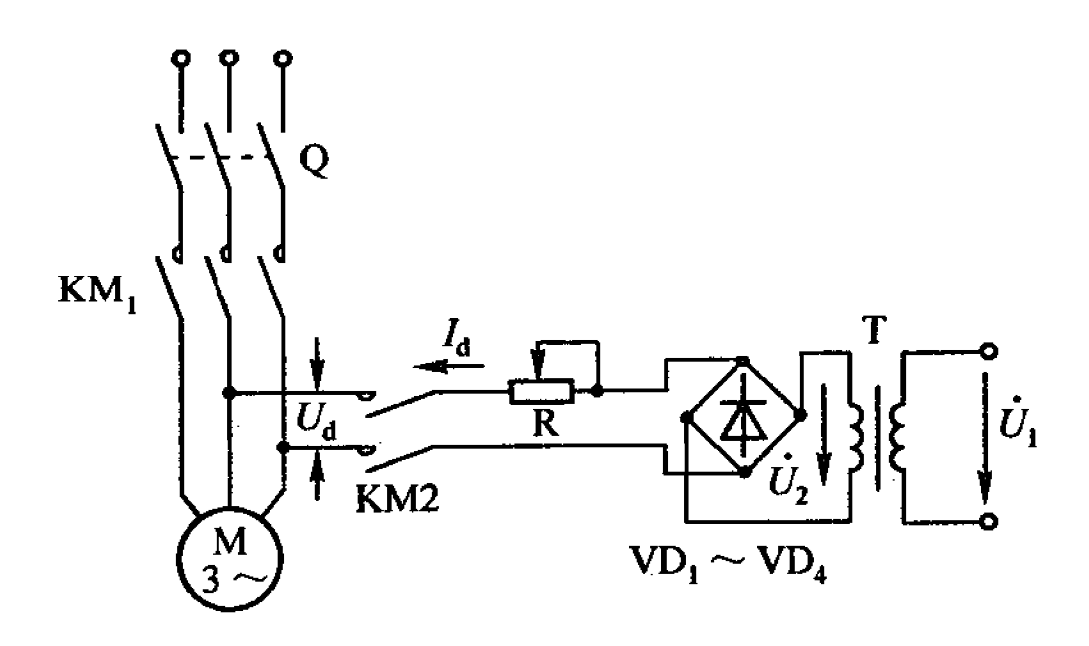


图 8-9　能耗制动电气控制电路图

(2) 变压器的计算

变压比：　$U_1=220\text{V}$

$$U_2=\frac{U_d}{0.9}=\frac{7.57}{0.9}=8.4(\text{V})$$

$$K=\frac{U_1}{U_2}=\frac{220}{8.4}=26$$

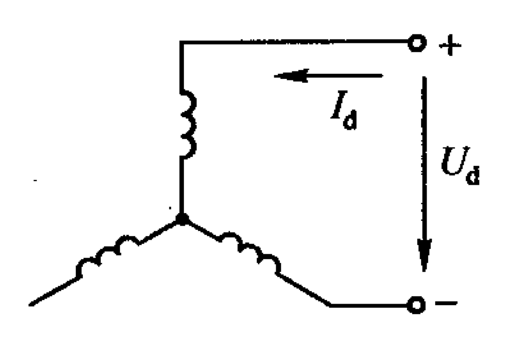


图 8-10　例 8-26 计算图

变压器二次侧的电流有效值：

$$I_2=1.11I_d=1.11\times 11.83=13(\text{A})$$

变压器容量：

$$S=I_2U_2=13\times 8.4=110(\text{V}\cdot\text{A})$$

实际选用时，变压器的容量允许比计算值小，如果为制动频繁的场合，取计算值的$\frac{1}{2}$；为制动不频繁的场合时，取计算值的$\frac{1}{3}\sim\frac{1}{4}$。

(3) 半导体二极管的选择计算

反向电压的峰值：

$$U_{DR}=\sqrt{2}U_2=\sqrt{2}\times 8.4=12V$$

正向电流：

$$I_D=\frac{1}{2}I_d=\frac{1}{2}\times 11.83=5.9A$$

由 U_{DR}和 I_D 选择半导体二极管。选 ZP10 硅整流二极管。

对星形连接、二相定子绕组串联直流能耗制动电路，可用下面的经验公式近似计算。

$$U_d=I_dR \tag{8-155}$$

$$I_d=(3.5\sim 4)I_0 \tag{8-156}$$

或

$$I_d=1.5I_N \tag{8-157}$$

式中 U_d——直流电压(V)；

I_d——直流电流(A)；

I_0——电动机的空载线电流(A)；

R——两相定子绕组串联后的总电阻(Ω)；

I_N——电动机的额定电流(A)。

3. 他励直流电动机制动电阻计算

(1) 能耗制动电阻(如图 8-11 所示)

$$R_Z\geqslant\frac{U_N}{2I_N}-R_a \tag{8-158}$$

式中 U_N——电动机的额定电压(V)；

I_N——电动机的额定电流(A)；

R_a——电枢绕组电阻(Ω)。

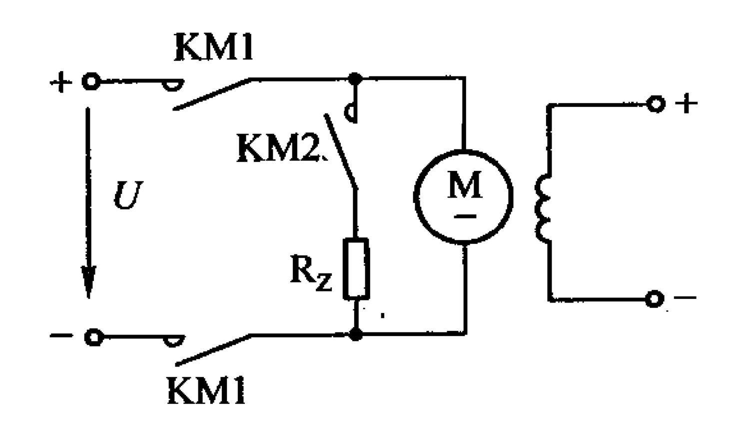


图 8-11　能耗制动电路图

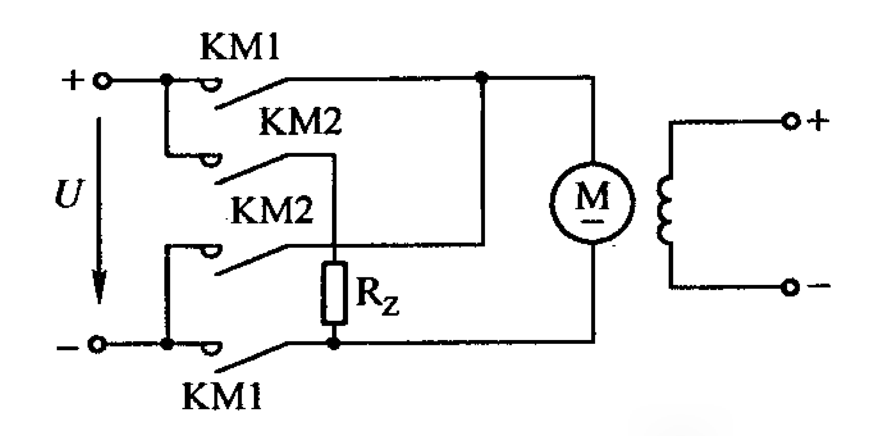


图 8-12　反接制动电路图

(2) 反接制动(如图 8-12 所示)电阻

$$R_Z \geqslant \frac{U_N}{I_N} - R_a \tag{8-159}$$

式(8-156)及式(8-157)中的电枢绕组电阻 R_a 可用伏安法测出,也可用下面的经验公式计算。

$$R_a = \frac{U_N I_N - P_N}{2I_N^2} \tag{8-160}$$

式中　P_N——电动机额定功率(W)。

8.2.3 电动机调速控制电路的计算

1. 调速系统主要技术指标的计算

(1) 调速范围 D

在额定功率 P_N、额定转矩 T_N 的条件下，电动机的最高转速 n_{max} 与最低转速 n_{min} 之比，称为调速范围，即

$$D=\frac{n_{max}}{n_{min}} \tag{8-161}$$

(2) 静差度 s

$$s=\frac{n_0-n_N}{n_0}=\frac{\Delta n_N}{n_0}\times 100\% \tag{8-162}$$

式中 n_0——电动机的理想空载转速；

n_N——电动机的额定转速。

(3) D、s、n_{max}、Δn_N 四者的关系

$$D=\frac{n_{max}\cdot s_{max}}{\Delta n_N(1-s_{max})} \tag{8-163}$$

或

$$D=\frac{n_N\cdot s}{\Delta n_N(1-s)} \tag{8-164}$$

例 8-27 B2012A 龙门刨床的主电动机的额定功率 $P_N=60kW$，额定电压 $U_N=220V$，额定电流 $I_N=305A$，电枢绕组电阻 $R_a=0.038\Omega$，额定转速 $n_N=1\ 000r/min$，采用改变电枢电压调速的方法，能否满足调速范围 $D=10$，最大静差度 $s_{max}\leq 0.1$ 的技术要求？若要满足上述要求，则电动机在额定负载下的转速降落 Δn_N 值应为多少？

解：
$$n_N = \frac{U_N - I_N R_a}{C_e \Phi}$$

$$C_e \Phi = \frac{U_N - I_N R_a}{n_N} = \frac{220 - 305 \times 0.038}{1\ 000} = 0.21$$

$$n_0 = \frac{U_N}{C_e \Phi} = \frac{220}{0.21} = 1\ 055 \text{r/min}$$

$$\Delta n_N = n_0 - n_N = 1\ 055 - 1\ 000 = 55 \text{r/min}$$

$$n_{max} = n_N = 1\ 000 \text{r/min}$$

当 $D = 10$，$n_{min} = \frac{n_{max}}{D} = \frac{1\ 000}{10} = 100 \text{r/min}$

此时的 $s_{max} = \frac{\Delta n_N}{n_{min} + \Delta n_N} = \frac{55}{100 + 55} = 0.345$

因　$s_{max} > 0.1$

故不满足 $s_{max} \leqslant 0.1$ 的要求。

如果要满足 $s_{max} \leqslant 0.1$ 和 $D = 10$ 的要求，则

$$\Delta n_N = \frac{n_{max} \cdot s_{max}}{D(1 - s_{max})} = \frac{1\ 000 \times 0.1}{10(1 - 0.1)} = 11.1 \text{r/min}$$

例 8-28　某调速系统中的电动机的 $n_N = 1\ 000 \text{r/min}$，$\Delta n_N = 50 \text{r/min}$，要求 $s < 0.3$ 及 $s < 0.2$，试求 D 和 n_{min}。

解：① $s < 0.3$ 时

$$D = \frac{n_N \cdot s}{\Delta n_N (1 - s)} = \frac{1\ 000 \times 0.3}{50(1 - 0.3)} = 8.57$$

$$n_{min} = \frac{n_{max}}{D} = \frac{n_N}{D} = \frac{1\ 000}{8.57} = 116.7 \text{r/min}$$

② $s < 0.2$ 时

$$D=\frac{n_N \cdot s}{\Delta n_N(1-s)}=\frac{1\ 000\times 0.2}{50(1-0.2)}=5$$

$$n_{min}=\frac{n_N}{D}=\frac{1\ 000}{5}=200\text{r/min}$$

2. 直流电动机的转速计算

1）一般计算公式

$$n=\frac{U}{K_e\Phi}-\frac{R}{K_eK_T\Phi^2}\cdot T \tag{8-165}$$

式中 n——直流电动机的转速(r/min)；

U——电源电压(V)；

R——电枢电路电阻(Ω)；

Φ——磁通(Wb)；

T——电磁转矩，$T=T_2+T_0$，单位为 N·m；

T_2——电动机输出转矩，单位为 N·m；

T_0——电动机空载转矩，单位为 N·m；

K_e、K_T——电机结构常数；

$\frac{U}{K_e\Phi}$——该比值等于电动机的空载转速 n_0(r/min)。

2）他励直流电动机的转速计算

（1）电枢电路串电阻 R_W(图 8-13)调速

$$n=\frac{U}{K_e\Phi}-\frac{R_a+R_w}{K_eK_T\Phi^2}\cdot T \tag{8-166}$$

式中 n——转速(r/min)；

R_a——电枢绕组电阻(Ω)。

（2）电枢电路串、并电阻(如图 8-14 所示)调速

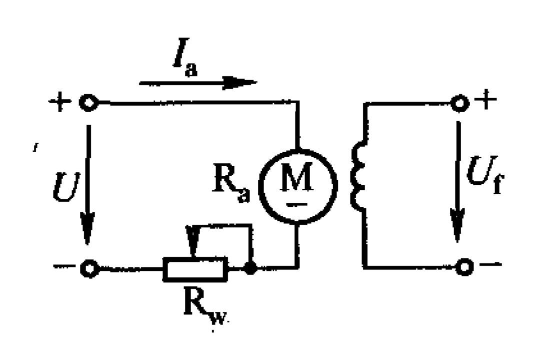


图8-13　电枢电路串电阻调速

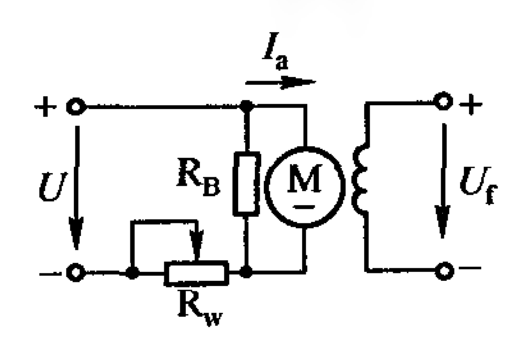


图8-14　电枢电路串、并电阻调速

$$n = K\frac{U}{K_e\Phi} - \frac{R_a + KR_w}{K_eK_T\Phi^2}\cdot T \qquad (8\text{-}167)$$

式中　K——系数，$K=\dfrac{R_B}{R_B+R_w}$。

例8-29　有一台100kW的他励直流电动机，$I_N=517A$，$U_N=220V$，$n_N=1\,200r/min$，这台电动机带动恒转矩负载运行，用电枢电路串电阻的方法调速，如果将转速调到600r/min，试问在电枢电路中应串多大的电阻R_w。

解：当$n=600r/min$时，电动机在U_N、I_N下运行，这时电枢电路的电压平衡方程为

$$U_N = E_{反2} + I_N(R_a + R_w')$$

当未串电阻时，$n_N=1\,200r/min$，这时电压平衡方程为

$$U_N = E_{反1} + I_NR_a$$

$$E_{反1} = U_N - I_NR_a$$

由式(8-160)可知

$$R_a = \frac{U_NI_N - P_N}{2I_N^2} = \frac{220\times517 - 100\,000}{2\times517^2} = 0.0257\Omega$$

$$E_{反1} = 220 - 517\times0.0257 = 206.71V$$

$$\because \quad E_{反} = K_e\Phi n$$

$$\therefore \quad \frac{E_{反1}}{E_{反2}}=\frac{1\ 200}{600}=2$$

$$E_{反2}=\frac{E_{反1}}{2}=103.36\text{V}$$

$$R_a+R_w=\frac{U_N-E_{反2}}{I_N}=\frac{220-103.36}{517}=0.225\Omega$$

$$R_w=0.225-R_a=0.225-0.0257=0.199\Omega$$

例 8-30　一台他励直流电动机，$P_N=26\text{kW}$，$I_N=113\text{A}$，$U_N=230\text{V}$，$n_N=1450\text{r/min}$，这台电动机带动恒转矩负载额定运行。为了使机械特性硬度提高，故采用电枢电路串、并联电阻的办法调速，如果要使理想空载转速 n'_0 变为未串调速电阻的空载转速 n_0 的二分之一，即 $n'_0=\frac{1}{2}n_0$，以及在额定负载时的转速 n'_N 为未串调速电阻时额定负载下的转速 n_N 的 0.3 倍，即 $n'_N=0.3n_N$，求串、并联的电阻值 R_w、R_B。

解：如图 8-14 所示，

$$n_0=\frac{U_N}{K_e\Phi},K_e\Phi n_N=E_{反N},E_{反N}=U_N-I_NR_a,$$

$$R_a=\frac{U_NI_N-P_N}{2I_N^2}=\frac{230\times113-26\ 000}{2\times113^2}=0.011\Omega$$

$$E_{反N}=230-113\times0.011=228.76\text{V}$$

$$K_e\Phi=\frac{E_{反N}}{h_N}=\frac{228.76}{1\ 450}=0.158$$

$$h_0=\frac{230}{0.158}=1\ 455\text{r/min}$$

$$n'_0=0.5\times1\ 455=727\text{r/min}$$

$$n'_N = 0.3 \times 1\ 450 = 435\text{r/min}$$

$$K = \frac{n'_0}{n_0} = \frac{727}{1\ 455} = 0.5$$

$$K = \frac{R_B}{R_B + R_w} = 0.5$$

未串电阻前，

$$n_N = \frac{U}{K_e \Phi} - \frac{R_a}{K_e K_T \Phi^2} \cdot T = n_0 - \Delta n$$

串、并电阻后，

$$n'_N = K_{n0} - \frac{R_a + KR_w}{K_e K_T \Phi^2} = K_{n0} - \Delta n'$$

$$\Delta n' = \frac{R_a + KR_w}{K_e K_T \Phi^2} \cdot T$$

$$= \frac{R_a}{K_e K_T \Phi^2} \cdot T\left(1 + K\frac{R_w}{R_a}\right)$$

$$= \Delta n\left(1 + K\frac{R_w}{R_a}\right),$$

$$R_w = \frac{\Delta n' - \Delta n}{\Delta n K} R_a$$

$$\Delta n' = K_{n0} - n'_N = n'_0 - n'_N = 727 - 435 = 292\text{r/min}$$

$$\Delta n = n_0 - n_N = 1\ 455 - 1\ 450 = 5\text{r/min}$$

$$R_w = \frac{292 - 5}{5 \times 5} \times 0.011 = 0.126\Omega$$

$$\frac{R_B}{R_B + R_w} = 0.5\Omega$$

$$R_B=\frac{0.5}{1-0.5}\cdot R_w=\frac{0.5}{1-0.5}\times 0.126=0.126\Omega$$

(3) 改变电枢电压 U 调速

$$n=\frac{U}{K_e\Phi}-\frac{R_a}{K_eK_T\Phi^2}\cdot T=AU-B \qquad (8\text{-}168)$$

式中 A——常数,$A=\frac{1}{K_e\Phi}$;

B——常数,$B=\frac{R_a}{K_eK_T\Phi^2}T$。

例 8-31 一台他励电动机,$P_N=10\text{kW}$,$n_N=1\ 500\text{r/min}$,$U_N=220\text{V}$,$I_N=53.8\text{A}$,$R_a=0.4\Omega$,今将电枢电压降低一半,而负载转矩不变,励磁电流不变,问转速降低多少?

解:由 $T=K_T\Phi I_a$,可知 T、Φ 不变,I_a 保持不变。当电压为 U_N 时,

$$E_{反}=U_N-I_NR_a=220-53.8\times 0.4=198.48\text{V}$$

当电压为$\frac{1}{2}U_N$ 时,

$$E'_{反}=\frac{1}{2}U_N-I_NR_a=110-53.8\times 0.4=98.48\text{V}$$

$$E_{反}=K_e\Phi n_N,E'_{反}=K_e\Phi n'$$

$$n'=\frac{E'_{反}}{E_{反}}\cdot n_N=\frac{98.48}{198.48}\times 1\ 500=744\text{r/min}$$

转速降低

$$\Delta n=n_N-n'=1\ 500-744=756\text{r/min}$$

(4) 改变励磁磁通 Φ 调速(如图 8-15 所示)

此调速一般用于恒功率负载,使电枢电流 I_a 不变,则

$$n=\frac{U_N-I_NR_a}{K_e\Phi} \tag{8-169}$$

式中　I_N——电枢额定电流，$I_N=I_a$。

例8-32　一台他励直流电动机的容量为19kW，$U_N=230V$，$I_N=82.5A$，$n_N=960r/min$，$R_a=0.1\Omega$，励磁额定电压$U_{fN}=230V$，励磁额定电流$I_{fN}=3.27A$，现要使电动机在拖动恒功率负载下运行，调速范围在500～960r/min之间。试问可变电阻R_f的变化范围。

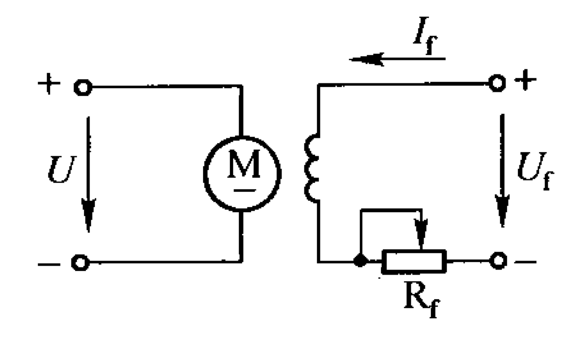


图8-15　改变励磁磁通调速

解：磁通变化范围

$$\frac{\Phi'}{\Phi}=\frac{n}{n'}=\frac{960}{500}=1.92$$

即Φ的变化范围是Φ_N～$1.92\Phi_N$。

如果不考虑励磁绕组电阻，则

$$I_{fN}=\frac{U_{fN}}{R_{fN}}$$

$$R_{fN}=\frac{230}{3.27}=70.3\Omega$$

Φ正比于I_f，当$\Phi=\Phi_N$时，

$$I_f=I_{fN}=\frac{U_{fN}}{R_{fN}}$$

$\Phi=1.92\Phi_N$时，

$$I'_f=\frac{U_{fN}}{R'_f}=1.92I_{fN}$$

$$\frac{1.92I_{fN}}{I_{fN}}=\frac{U_{fN}}{R'_f}\Big/\frac{U_{fN}}{R_{fN}}$$

$$R'_f=\frac{R_{fN}}{1.92}=\frac{70.3}{1.92}=36.6\Omega$$

则励磁回路电阻 R_f 的变化范围是 36.6～70.3Ω。

3. 直流电动机调速时的功率和转矩计算

1）他励直流电动机的转矩 T 与功率 P 的关系

$$P=\frac{Tn}{9\ 550} \tag{8-170}$$

式中 T——转矩(N·m)；

n——转速(r/min)。

2）调压调速时功率和转矩计算

这里的调压，包括调电源电压及电枢串电阻。

（1）恒转矩负载($T=T_N=$常数)

$$P_N=\frac{T_N n_N}{9\ 550} \tag{8-171}$$

式中 P_N——电动机的额定输出功率(kW)；

T_N——额定转矩(N·m)；

n_N——额定转速(r/min)。

当转速改变到 n 时，因为 $T=T_N=$常数，即有

$$P=\frac{T_N\cdot n}{9\ 550}=K_1\cdot n \tag{8-172}$$

式中 K——常数，$K_1=\dfrac{T_N}{9\ 550}$。

（2）恒功率负载($P=P_N=$常数)

$$T=9\ 550\frac{P_N}{n}=K_2\cdot\frac{1}{n} \tag{8-173}$$

式中　K_2——常数，$K_2=9\ 550P_N$。

例8-33　B2012A型龙门刨床，其最高切削速度为 v_{max} = 90m/min，最大切削力矩为 $F_{max}=40\ 000N$，试计算电动机输出功率 P_2 及电动机额定功率 P_N。

解：
$$P_2=\frac{F_{max}v_k}{1\ 000\times60}$$

式中，v_k 是在恒功率切削区的最低切削速度，称为计算速度，B2012A龙门刨床的 $v_k=12\sim15m/min$，取 $v_k=15m/min$，得

$$P_2=\frac{40\ 000\times15}{1\ 000\times60}=10kW$$

电动机的额定功率一般按下式选取

$$P_N=DP_2 \tag{8-174}$$

式中　D——调速范围，$D=\frac{n_{max}}{n_{min}}$；

n_{max}——负载要求的最高转速(r/min)；

n_{min}——负载要求的最低转速(r/min)；

P_2——负载功率(kW)。

$$P_N=\frac{n_{max}}{n_{min}}\cdot P_2=\frac{90}{15}\times10=60kW$$

3）调磁调速时的功率和转矩计算

调 Φ 调速一般用于恒功率负载，即 $P_2=P_N$ = 常数。如果调 Φ 调速用于恒转矩负载，则电动机的 P_N 为

$$P_N=\frac{T_2n_{max}}{9\ 500} \tag{8-175}$$

式中 T_2——负载转矩(N·m);

n_{max}——负载最高转速(r/min)。

对恒功率负载,转矩 T 按式(8-173)计算。

4. 三相异步电动机转速的计算

$$n_2 = n_1(1-S) = \frac{60f_1}{p}(1-S) \tag{8-176}$$

式中 n_2——转子转速(r/min);

n_1——旋转磁场转速,又称同步转速(r/min);

f_1——交流电源频率(Hz);

p——旋转磁场的磁极对数;

S——转差率。

例 8-34 一台三相异步电动机的磁极对数为 2,三相电源的频率为 $f=50\text{Hz}$,转差率 S 的变化范围是 1 ~ 0.05,试求转子转速的变化范围。

解: $S=1, n_2 = \dfrac{60\times 50}{2}(1-1)=0$

$$S=0.05, n_2 = \frac{60\times 50}{2}(1-0.05) = 1\ 425\text{r/min}$$

则电动机转子转速的变化范围是 0 ~ 1 425r/min。

5. 三相异步电动机的变极调速计算

1) 恒转矩负载调速(Y—YY 变换)

(1) Y 形接法(如图 8-16 所示)

电源输入功率为

$$P_Y = 3\cdot\frac{U_1}{\sqrt{3}}\cdot I_1\cdot\cos\varphi_{pY} = \sqrt{3}U_1 I_1\cos\varphi_{pY} \tag{8-177}$$

式中　φ_{pY}——Y 形接法时每相电压和电流的相位差。

电机定子每半相绕组的两端电压为$\frac{1}{2}\cdot\frac{U_1}{\sqrt{3}}$。

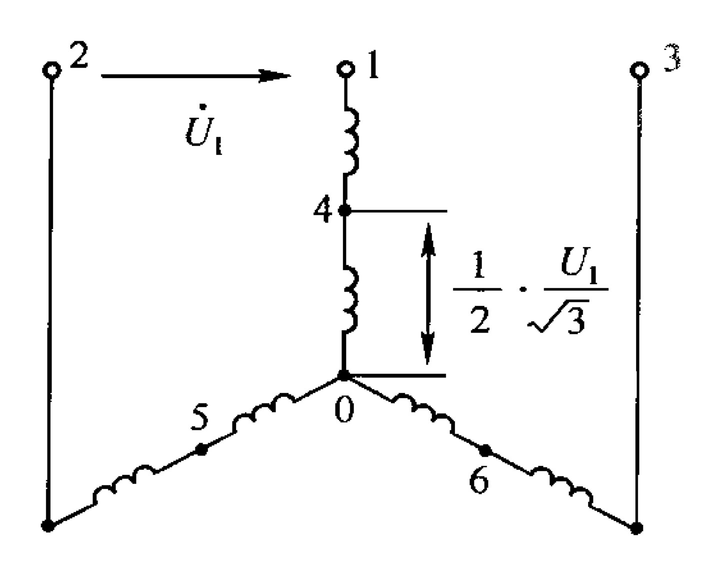


图 8-16　Y 形接法

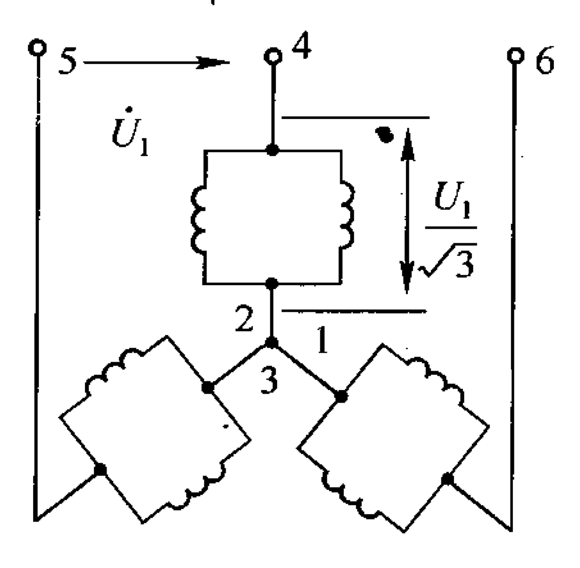


图 8-17　YY 形接法

（2）YY 形接法(如图 8-17 所示)

电源输入功率为

$$P_{YY}=3\times\frac{U_1}{\sqrt{3}}\cdot(2I_p)\cdot\cos\varphi_{pYY} \tag{8-178}$$

式中　I_p——流入半相绕组上的电流(A)；

φ_{pYY}——YY 形接法时每相电压和电流的相位差。

电机定子每半相绕组的两端电压为$\frac{U_1}{\sqrt{3}}$。

2）恒功率负载调速(△—YY 变换)

（1）△形接法(如图 8-18 所示)

电源输入功率为



$$P_{\triangle}=3U_1I_1\cos\varphi_{p\triangle} \tag{8-179}$$

比较式(8-177)及式(8-178)，得

$$\cos\varphi_{p\triangle}\approx\cos\varphi_{pYY}$$

$$P_{YY}=\frac{2}{\sqrt{3}}P_{\triangle}=1.15P_{\triangle}\approx P_{\triangle}$$

(2) △形和 YY 形接法转速和转矩的关系

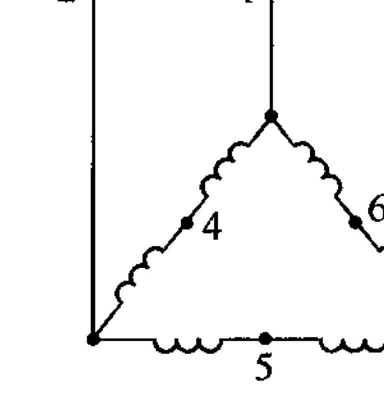


图 8-18　△形接法

$$n_{YY}=2n_{\triangle} \tag{8-180}$$

$$T_{YY}=\frac{1}{2}T_{\triangle} \tag{8-181}$$

6. 电磁调速异步电动机控制电路中晶闸管调压部分的设计计算

以单相桥式半控整流电路、单结晶体管触发电路为例(如图 8-19 所示)。

1) 主电路的设计计算

(1) 晶闸管的选择计算

从图 8-20 中的曲线 1 求得导通角 θ,再由 θ 从曲线Ⅱ求得 I/I_o。图中的 U、I 是整流电路交流侧输入电压及输入电流的有效值,U_o、I_o 是整流电路直流侧的平均电压和平均电流。U_o、I_o 是电磁调速异步电动机的励磁线圈所要求的,因此可求得电流有效值 I_o,再由 I 值的一半去选择晶闸管元件,因单相桥式整流电路中每一只整流元件流过的电流仅是交流侧电流的二分之一。

晶闸管元件承受的正向和反向电压是从两方面计算求得的,一是交流侧输入电压的峰值,另一个是励磁线圈的电动势(近似

等于直流侧的输出电压 U_o），即

$$U_{正(或反)} = \sqrt{2}U + U_o \tag{8-182}$$

图 8-19　晶闸管调压电路

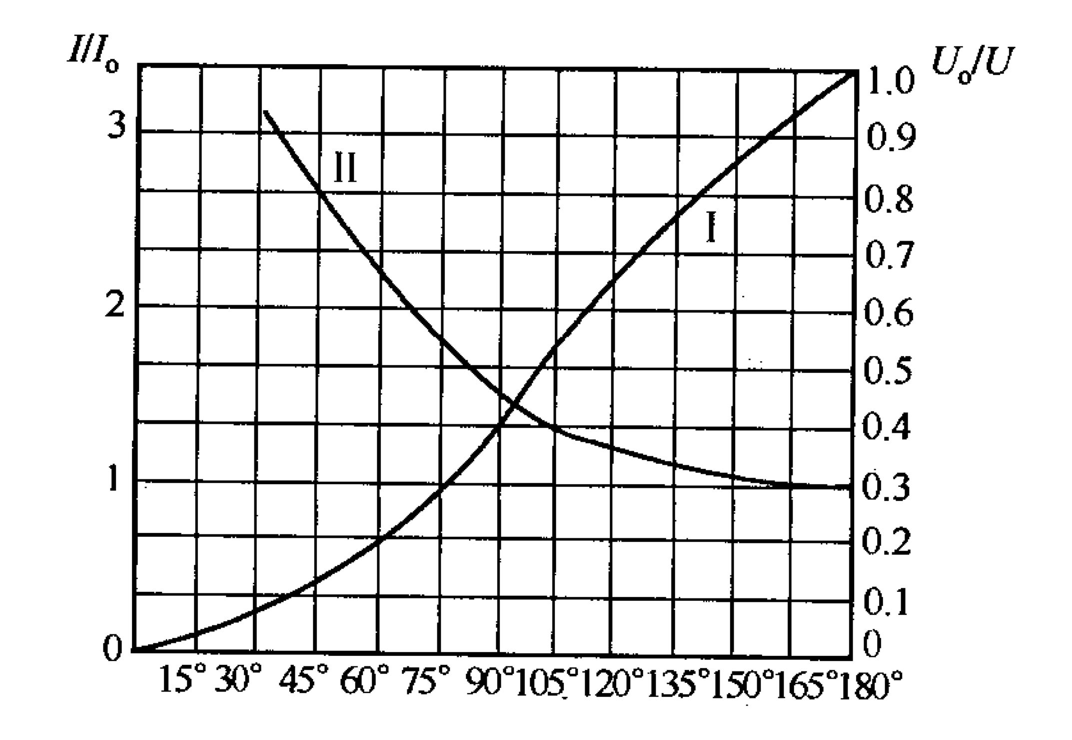


图 8-20　晶闸管的选择计算曲线图

由以上计算求得的电流和电压去选择晶闸管元件。

硅二极管的选择同晶闸管。

(2) 快速熔断器的选择计算

将快速熔断器串入交流侧电路中,经它流过的电流是交流侧输入电流,故取熔体的额定电流等于交流侧电流的有效值,或增大到1.5倍。

(3) 过电压保护的电阻 R_1 及电容 C_1 的计算

$$R_1 = 2.2R \tag{8-183}$$

式中 R——负载电阻,即励磁线圈的电阻(Ω)。

电阻 R_1 的功率 $P_{R1} = I_1^2 R_1$,式中的 I_1 是流过 R_1 上的电流,即

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}}, \quad X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1}$$

实际取 P_{R1} 为计算值的2~4倍。

$$C_1 = K_{C1}\frac{I_o}{fU} \tag{8-184}$$

式中 K_{C1}——系数。单相桥式整流时,$K_{C1} = 29\ 000$;三相半波时,$K_{C1} = 8\ 000$;三相桥式时,$K_{C1} = 10\ 000$;

I_o——交流侧的空载电流有效值,取 $I_o = I \times 10\%$,I 是交流侧电流的有效值(A);

f——交流电源的频率(Hz);

U——交流电源电压(V)。

C_1 的耐压为

$$U_{C1} = (1.1 \sim 1.5)\sqrt{2}U \tag{8-185}$$

(4) 过电压保护的电阻 R_2 及电容 C_2 的计算

$$R_2 = R_1, R_2 \text{ 的功率 } P_{R2} = I_2^2 R_2,$$

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2}}$$

$$C_2 = (2.5 \sim 5) \times 10^{-3} \times I \tag{8-186}$$

式中　I——晶闸管元件的额定电流(A)。

C_2 的大小也可根据晶闸管元件和硅二极管的额定电流，查表 8-15 取得。

C_2 的耐压为

$$U_{C2} = (1.1 \sim 1.5) \times \text{晶闸管的反向峰值电压} \tag{8-187}$$

表 8-15　C_2 的选择

I(A)	5	10	20	50	100	200	500
C_2(μF)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.5	1.0

例 8-35　电磁调速异步电动机的 $P_N = 100\text{kW}$，励磁线圈要求直流电压为 100V，直流电流为 6A，试设计计算桥式整流的主电路。

解：如图 8-19 所示。

(1) 晶闸管和硅二极管的选择计算

$$\frac{U_o}{U} = \frac{100}{220} = 0.454$$

查图 8-20 中的曲线 Ⅰ，求得导通角 $\theta = 90°$，再由曲线 Ⅱ 求得 $\frac{I}{I_o} = 1.6$，则 $I = 1.6 \times 6 = 9.6\text{A}$。

取整流元件的额定电流为 5A，则

整流元件的最大正、反向电压 $=\sqrt{2}U+U_{o}=\sqrt{2}\times 220+100=411V$。

由电流 5A、电压 411V 查产品手册选择晶闸管和二极管。

（2）快速熔断器的选择计算

熔体的额定电流

$$I_{熔}=1.5I=1.5\times 9.6=14.4A$$

按此电流查产品手册选择。

（3）过电压保护的电阻及电容的选择计算

$$C_{1}=29\ 000\frac{I\times 10\%}{fU}=29\ 000\frac{9.6\times 10\%}{50\times 220}=2.63(\mu F)$$

$$U_{C1}=1.5\times\sqrt{2}\times 220=467V，取 500V$$

$$R_{1}=2.2R$$

设 $R=10\Omega$，则 $R_{1}=2.2\times 10=22\Omega$，选择标准电阻 20Ω。

$$P_{R1}=I_{1}^{2}R_{1}$$

$$I_{1}=\frac{U}{\sqrt{R_{1}^{2}+X_{C1}^{2}}}$$

$$=\frac{220}{\sqrt{20^{2}+\left(\frac{1}{2\pi\times 50\times 2.63\times 10^{-6}}\right)^{2}}}$$

$$P_{R1}=\left(\frac{220}{20^{2}+\left(\frac{1}{2\pi\times 50\times 2.63\times 10^{-6}}\right)^{2}}\right)^{2}\times 20$$

$$=1.4W，取 5W$$

$$C_{2}=5\times 10^{-3}\times 5=0.025(\mu F)$$

$$U_{C2}=1.5\times\sqrt{2}\times 220=467V，取 500V$$

$$R_2 = R_1 = 20\Omega$$

$$P_{R2} = I_2^2 \cdot R_2 = \left[\frac{U}{\sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C_2}\right)^2}}\right]^2 \times R_2$$

$$= \frac{220^2}{127 \times 10^3} \times 20 = 7.6\text{W}，取 10\text{W}$$

2）触发回路的设计与计算

以单结晶体管触发电路设计计算为例，如图 8-19 所示。

（1）单结晶体管工作电压 U_3 的计算。单结晶体管峰点电压为

$$U_p = U_5 + U_v \tag{8-188}$$

式中 U_5——单结晶体管的输出电压，即可控硅触发电压，取$U_5 = 6\text{V}$；

U_v——单结晶体管的谷点电压，一般等于 4V。

同时

$$U_p = \eta U_3 + 0.4 \tag{8-189}$$

式中 η——分压比，手册中可查到，一般取 $\eta = 0.45 \sim 0.75$。

取 $\eta = 0.6$，则

$$U_3 = \frac{U_p - 0.4}{\eta} = \frac{6 + 4 - 0.4}{0.6} = 16\text{V}$$

一般 U_3 选择在 40V 以内。

（2）电容器 C 的充电电阻 R 的计算

由图 8-19 可知，$R = R_3 + R_4$。根据触发脉冲要求，R 值不能太小，也不能太大，一般在 R_{min}（最小电阻）和 R_{max}（最大电阻）之间选取适当的电阻值。

$$R_{min} = \frac{U_3 - U_v}{I_v} \tag{8-190}$$

式中 I_v——单结晶体管的谷点电流(A)。

$$R_{max} = \frac{U_3 - U_p}{I_p} \tag{8-191}$$

式中 I_p——单结晶体管的峰点电流(A)。

设取 BT33D 单结晶体管,由手册可查得 $I_v = 4mA$,$U_v = 4V$,$I_p = 2\mu A$,于是可计算

$$R_{min} = \frac{16 - 4}{4} = 3(k\Omega)$$

取标准电阻 4.3kΩ。

$$R_{max} = \frac{16 - 10}{2} = 3(M\Omega)$$

实际取计算值的$\frac{1}{20} \sim \frac{1}{30}$,取 $R_{max} = 100k\Omega$。

实际使用中,电位器 $R_4 = R_{max} = 100k\Omega$,$R_3 = R_{min} = 4.3k\Omega$。这样当 $R_4 = 0$ 时,$R = R_3 = R_{min}$;当 $R_4 = 100k\Omega$ 时,

$$R = R_3 + R_4 = 100 + 4.3 = 104.3k\Omega$$

是满足要求的。

R_4、R_3 的功率,一般取 1~2W。

(3) 稳压管、限流电阻 R_7 的选择计算

稳压管是根据稳压管的输出电压 U_Z(稳定电压)及负载电流 I_L(稳定电流)来选择的。由图 8-19 可知,$U_Z = U_3 = 16V$,$I_L = I_3$。

由图 8-19 可知,$I_3 = I_1 + I_2$

$$I_1 = \frac{U_3 - U_C}{R_3 + R_4}$$

式中　U_C——电容器 C 上的电压(V)。

当 $U_C=0, R_4=0$ 时

$$I_1=\frac{U_3}{R_3}=\frac{16}{4.3}=3.4\text{mA}(\text{最大})$$

选择稳压管时应取最大的负载电流,故取 I_1 的最大值。

$$I_2=\frac{U_3}{R_{BB}+R_5+R_6}\approx\frac{U_3}{R_{BB}}$$

式中　R_{BB}——单结晶体管两基极之间的电阻,从手册中可查得;或取 5 ~ 10kΩ 范围的值,设取 $R_{BB}=8\text{k}\Omega$。

R_5、R_6 是温度补偿电阻,比 R_{BB} 小得多。所以有

$$I_2\approx\frac{U_3}{R_{BB}}=\frac{16}{8}=2\text{mA}$$

则
$$I_L=I_3=I_1+I_2=3.4+2=5.4\text{mA}$$

由 U_Z 和 I_L 选择稳压管,可选 2CW113。

$$R_7\geqslant\frac{U_2-U_3}{I_Z+I_L} \tag{8-192}$$

式中　U_2——稳压管的输入电压,一般取 $U_2=(2\sim3)U_3$。如取 $U_2=2.5U_3=2.5\times16=40\text{V}$;

I_Z——稳压管的工作电流,一般取 $I_Z=I_L=5.4\text{mA}$。

则
$$R_7\geqslant\frac{40-16}{2\times5.4}=2.2\text{k}\Omega$$

限流电阻的功率一般在 1 ~ 2W 间。

(4) 温度补偿电阻 R_5 和 R_6 的选择计算

$$R_5\leqslant\frac{R_{BB}}{4U_{BB}+1} \tag{8-193}$$

式中　R_{BB}——两基极之间的电阻,已取 8kΩ;

U_{BB}——$U_{BB}=U_3=16\text{V}$。

则 $$R_5 \leqslant \frac{8}{4\times16+1}=123\Omega$$

取标准电阻 100Ω。

$$R_6 \leqslant \frac{0.7R_{BB}}{\eta U_{BB}}-\frac{(1-\eta)R_5}{\eta} \tag{8-194}$$

式中 η——单结晶体管的分压比,手册中可查,已取 0.6。

$$R_6 \leqslant \frac{0.7\times8}{0.6\times16}-\frac{(1-0.6)\times100}{0.6}=513\Omega$$

取标准电阻 500Ω。

R_5、R_6 的功率一般选择 1W。

(5) 电容器 C 的选择计算

$$C=\frac{\tau}{R_5+R_{EB1}} \tag{8-195}$$

式中 τ——电容器的放电时间常数,一般不小于 50μs,设取 60μs;

R_{EB1}——单结晶体管导通时,发射极 E 与第一基极 B1 之间的电阻,一般取 25Ω。

则 $$C=\frac{60}{100+25}=0.48\mu\text{F}$$

取标准电容 0.5μF。

电容器 C 的耐压,可以根据它承受的电压峰值来确定。因 $U_3=16\text{V}$,这里取 $U_C=50\text{V}$。

例 8-36 ZKK 122 型的电机放大机的技术数据如下:$U_{dN}=115\text{V}$,$P_N=1\text{kW}$,$I_N=8.7\text{A}$,$n_N=2850\text{r/min}$,K1 控制绕组的

$N_K = 2\,900$ 匝，$R_K = 1\,030\Omega$，$\frac{N_K}{R_K} = 2.82$，$I_{KN} = 22\text{mA}$，试求电压放大倍数。

解：$A_U = \frac{U_{dN}}{I_{KN}N_K} \cdot \frac{N_K}{R_K} = \frac{115}{22\times10^{-3}\times2\,900} \times 2.82 = 5$

功率放大倍数 A_P 为

$$A_P = \frac{U_{dN}}{I_K^2 R_K (R_L + R_S)} = \frac{P_N}{P_K} \tag{8-196}$$

式中　R_L——负载电阻（Ω）；

R_S——电枢电阻（Ω）；

P_K——输入功率（W）；

P_N——额定输出功率（W）。

3）转速计算

（1）无反馈系统

$$n = \frac{A_U \cdot U_g}{K_e \Phi} - \frac{\sum R}{K_e K_T \Phi^2} \cdot T \tag{8-197}$$

式中　U_g——给定电压（V）；

T——负载转矩（N·m）；

$\sum R$——主电路总电阻（Ω）。

（2）具有速度负反馈系统时（如图 8-21 所示）

$$n = \frac{A_U U_g}{K_e(1 + A_U K_{CF})} - \frac{I \cdot \sum R}{K_e(1 + A_U K_{CF})} \tag{8-198}$$

7. 交磁放大机－直流电动机调速系统的计算

1）交磁放大机放大倍数的计算

（1）电压放大倍数 A_U

$$A_U = \frac{U_{dN}}{I_{KN}N_K} \cdot \frac{N_K}{R_K} \tag{8-199}$$

式中 U_{dN}——交磁放大机的额定电压(输出电压)(V);

I_{KN}——控制绕组的额定电流(A);

K_{CF}——$K_{CF} = \frac{K_{eCF}}{K_e}$;

K_{eCF}——测速发电机的电机常数;

$\sum R$——主电路的总电阻(Ω)。

I——主电路电流(A)。

2) 具有电压负反馈系统时(如图 8-22 所示)

电动机的电枢两端电压为

$$U_D = \frac{A_U}{1 + A_F A_U} \cdot U_g \tag{8-200}$$

式中 A_U——电压放大倍数;

A_F——反馈系数,$A_F = \frac{r}{R}$(r、R 如图 8-22 所示)。

$$n = \frac{\frac{A_U}{1 + A_F A_U} U_g}{K_e \Phi} - \frac{\sum R}{K_e K_T \Phi^2} \cdot T \tag{8-201}$$

8. 晶闸管-直流电动机调速系统的计算

1) 电枢电流连续时电动机的转速计算

$$n = \frac{1}{K_e \Phi}(U_{d0}\cos\alpha - I_d R_\Sigma - \Delta U) \tag{8-202}$$

式中 U_{d0}——控制角 $\alpha = 0$ 时的空载直流输出电压平均值,表 8-16列出了各种整流电路的 U_{d0} 的值,表中的 U_2 是整流变压器二次侧电压的有效值,U_{2p}是三相变

压器二次侧电压的有效值(V)；

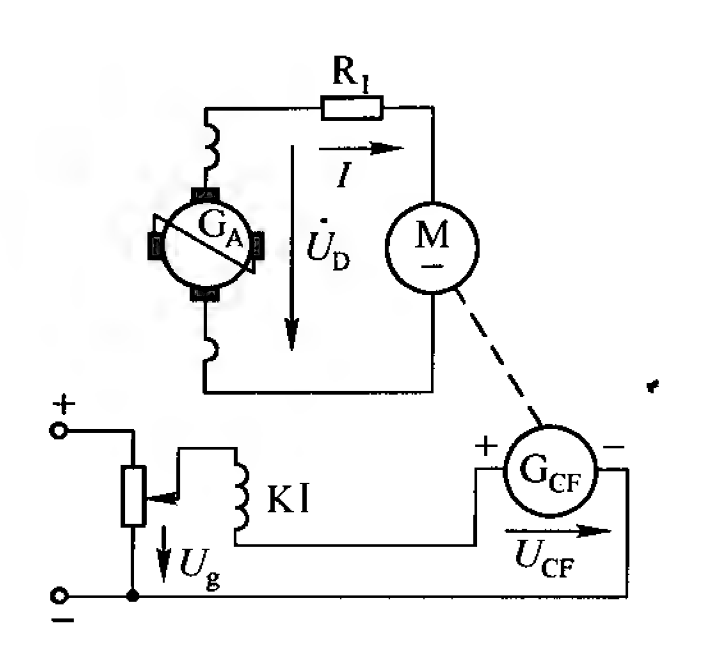


图 8-21　具有速度负反馈系统的情况

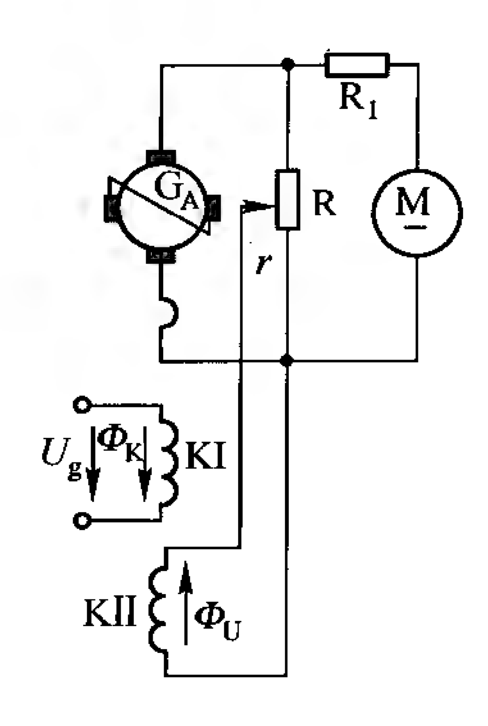


图 8-22　具有电压负反馈系统的情况

ΔU——晶闸管的正向压降(V)；

I_d——主电路电流(电枢电流)(A)；

R_Σ——主电路的总电阻(电枢回路)(Ω)。

表 8-16　整流电路输出电压 U_{d0} 的值

整流电路形式	单相半控桥	单相全控桥	三相半波（零式）	三相半控桥	三相全控桥
U_{d0}	$0.9U_2$	$0.9U_2$	$1.17U_{2p}$	$2.34U_{2p}$	$2.34U_{2p}$

$$R_\Sigma = \frac{m}{2\pi}\omega L_T + R_T + R_d \tag{8-203}$$

式中　m——交流电的相数；

ω——交流电的角频率(rad/s)；

L_T——变压器漏电感，

$$L_T=\frac{X_{LT}}{\omega},X_{LT}=\frac{U_2}{I_2}e_K;$$

U_2——变压器二次侧的电压有效值(V)；

I_2——变压器二次侧的电流有效值(A)；

e_K——变压器的短路电压比，一般取5%；

R_T——变压器二次侧的内阻(Ω)；

R_d——电动机电枢电阻(Ω)。

2）电枢电流断续时电动机转速的计算

$$n=\frac{\sqrt{2}U_{2p}}{K_e\Phi\theta}\left[2\sin\left(\varphi+\alpha+\frac{\theta}{2}\right)\sin\frac{\theta}{2}\right]-\frac{1}{K_e\Phi}(I_dR_\Sigma+\Delta U) \quad (8\text{-}204)$$

式中 U_{2p}——变压器次级电压的有效值(V)；

θ——晶闸管的导通角(rad)；

φ——$\varphi=\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{m}$(rad)；

m——交流电的相数。

3）保证电流连续时附加电感量L(滤波电抗器)的计算

$$L\geqslant\frac{\sqrt{2}U_{2p}}{\omega I_{Lmin}}\left(\frac{m}{\pi}\sin\frac{\pi}{m}-\cos\frac{\pi}{m}\right)=\frac{U_{2p}}{\omega I_{Lmin}}\cdot A \quad (8\text{-}205)$$

式中 I_{Lmin}——最小负载电流，一般取5%的额定电流(A)；

A——常数，与整流电路的形式有关。

$$A=\sqrt{2}\left(\frac{m}{\pi}\sin\frac{\pi}{m}-\cos\frac{\pi}{m}\right) \quad (8\text{-}206)$$

对单相全波和桥式整流电路，$A=0.9$；三相半波电路，

$A=0.462$；三相桥式电路，$A=0.708$。

例8-37　三相半波零式整流电路，$U_{2p}=220V$，$I_{Lmin}=2A$，忽略电动机及变压器的绕组电感，为了保证电流连续，串接电抗器，求电抗器的电感量是多少？设$f=50Hz$。

解：$f=50Hz$，$\omega=314rad/s$，$A=0.462$

$$L=\frac{0.462U_{2p}}{\omega I_{Lmin}}=\frac{0.462\times 220}{314\times 2}=162mH$$

4）可控整流主电路主要元件的选择计算

（1）三相半波零式可控整流电路

晶闸管的选择计算为

正向阻断峰值电压：

$$U_{DFp}\geqslant(1.5\sim 2)\times 2.45U_2 \tag{8-207}$$

反向阻断峰值电压：

$$U_{RRp}\geqslant(1.5\sim 2)\times 2.45U_2 \tag{8-208}$$

额定正向平均电流：

$$I_T\geqslant(1.5\sim 2)\times 0.368I_d \tag{8-209}$$

变压器的选择计算：

$$U_2=\frac{U_{dmax}}{1.17} \tag{8-210}$$

或

$$U_2=\frac{U_d}{1.17\cos\alpha} \tag{8-211}$$

式中　U_d——整流电路输出电压的平均值(V)；

U_{dmax}——整流电路输出电压的最大值(V)。

$$I_2=0.578I_d \tag{8-212}$$

式中 I_d——输出电流的平均值(A)。

$$S_2 = 1.48P_d \tag{8-213}$$

式中 S_2——变压器二次侧的容量(视在功率)(V·A);

P_d——整流电路输出功率,$P_d = I_d \cdot U_d$(W)。

$$S_1' = 1.21P_d \tag{8-214}$$

式中 S_1——变压器一次侧容量(V·A)。

$$S_T = 1.34P_d \tag{8-215}$$

式中 S_T——变压器容量(V·A)。

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2} \tag{8-216}$$

滤波电抗器电感 L 的计算为

$$L = 1.46\frac{U_2}{I_{dmin}} \tag{8-217}$$

式中 I_{dmin}——保证电流连续的最小电流,一般取 $I_{dmin} = 5\% I_N$。

(2) 三相全波桥式可控整流电路

晶闸管的选择计算:

$$U_{DFp} \geqslant (1.5 \sim 2) \times 2.34U_2 \tag{8-218}$$

$$U_{RRp} \geqslant (1.5 \sim 2)2.34U_2 \tag{8-219}$$

$$I_T \geqslant (1.5 \sim 2) \times 0.368I_d \tag{8-220}$$

变压器的选择计算:

$$U_2 = \frac{U_{dmax}}{2.34} \tag{8-221}$$

$$I_2 = 0.816I_d \tag{8-222}$$

$$P_2 = 1.05P_d \tag{8-223}$$

$$P_1 = 1.05P_d \tag{8-224}$$

电抗器电感的选择计算为

$$L = 0.708\frac{U_2}{I_{dmin}} \tag{8-225}$$

8.2.4　电动机配用低压电器的选择计算

1. 交流接触器的选择计算

交流接触器吸引线圈的电压由控制电路电压确定。主触头额定电流由下面经验公式计算。

$$I_{CN} = \frac{P_N \times 10^3}{KU_N} \tag{8-226}$$

式中　I_{CN}——主触头的额定电流(A)；

P_N——被控制的电动机额定功率(kW)；

U_N——电动机的额定电压(V)；

K——常数，一般取1～1.4。

实际选择时，接触器的主触头额定电流大于上式计算值。

例8-38　有一台三相异步电动机，$P_N = 19\text{kW}$，$U_N = 380\text{V}$，试选择交流接触器。

解：

$$I_{CN} = \frac{P_N \times 10^3}{KU_N}$$

取 $K = 1.2$，则

$$I_{CN} = \frac{19 \times 10^3}{1.2 \times 380} = 42\text{A}$$

选择CJ10－60。

2. 热继电器的选择计算

热继电器的额定电流值＝(0.95～1.05)×电动机额定电流，即

$$I_{熔N}=(0.95\sim1.05)I_{电N} \tag{8-227}$$

例 8-39 一台三相异步电动机，$P_N=15kW$，$U_N=380V$，$I_N=29.4A$，试选择热继电器。

解：$I_{熔N}=1.05I_{电N}=1.05\times29.4=30.87A$

可选用 JR-40 型热继电器，其额定电流为 40A，电流调节范围是 25～40A。

3. 刀开关的选择计算

刀开关的额定电流 $I_{刀N}\geqslant3\times$ 电动机的额定电流 $I_{电N}$，即

$$I_{刀N}\geqslant3\times I_{电N} \tag{8-228}$$

由 $I_{刀N}$ 值查产品目录选择刀开关类型。

4. 组合开关的选择计算

组合开关的额定电流 $I_{组N}=(1.5\sim2.5)\times$ 电动机额定电流 $I_{电N}$，即

$$I_{组N}=(1.5\sim2.5)I_{电N} \tag{8-229}$$

由 $I_{组N}$ 值查产品目录选择组合开关类型。

5. 熔断器的选择计算

电阻性负载：

$$I_R=I_N \tag{8-230}$$

式中 I_R——熔体的额定电流(A)；

I_N——负载的额定电流(A)。

单台电动机长期工作时：

$$I_R=(1.5\sim2.5)I_N \tag{8-231}$$

式中 I_N——单台电动机的额定电流(A)。

多台电动机长期共用一个熔断器：

$$I_R \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N \quad (8\text{-}232)$$

式中 I_{Nmax}——容量最大的一台电动机的额定电流(A)；

$\sum I_N$——除容量最大的电动机之外，其余电动机的额定电流之和(A)；

1.5～2.5——系数。轻载及启动时间短时，取系数为1.5；负载较重及启动时间长时，取系数为2.5。

频繁启动的电动机：

$$I_R \geqslant (3 \sim 3.5) I_N \quad (8\text{-}233)$$

6. 自动空气开关的选择计算

开关的额定电压 $U_{开N} \geqslant$ 控制线路的额定电压 $U_{线N}$。

开关主触头额定电流 $I_{主N} \geqslant$ 瞬时(或短时)脱扣器的额定电流 I_{SN}。

$$I_{SN} \geqslant I_{gN}, I_{gN} \geqslant I_j, I_j < I_L$$

式中 I_{gN}——长延时脱扣器的额定电流(A)；

I_j——控制线路的计算电流(A)；

I_L——导线长期容许的载流量(A)。

7. 控制变压器的选择计算

变压比由控制电路的要求所决定。

变压器容量通过以下两方面计算选用。

(1)

$$S_T \geqslant K_T \sum P \quad (8\text{-}234)$$

式中 S_T——变压器容量(V·A)；

K_T——变压器容量的储备系数，一般取1.1～1.25；

$\sum P$——控制电路各电器吸持功率之和(W)。

(2) 各控制电器不同时工作

$$S_T \geqslant 0.6 \sum P_1 + 0.25 \sum P_2 + 0.125 K_L \sum P_3 \quad (8\text{-}235)$$

式中 $\sum P_1$——先吸合工作的电器吸持功率之和(W);

$\sum P_2$——所有同时启动的电器在启动时所需要的功率之和(W);

$\sum P_3$——所有电磁铁在启动时所需要的功率之和(W);

K_L——系数,$K_L=0.7\sim1$。

8.2.5 电动机控制电路的电流计算

1. 主电路的电流计算

主电路电流等于用电设备的负载电流,下面以电动机为负载计算主电路电流。

(1) 三相电动机

$$I_{主}=I_{负}=\frac{P_{计}}{\sqrt{3}U_N\cos\varphi_{av}\eta} \tag{8-236}$$

式中 $I_{主}$——主电路电流(A);

$I_{负}$——三相电动机的线电流(A);

$P_{计}$——计算负载的有功功率,由(8-237)式计算;

U_N——电动机额定电压(V);

$\cos\varphi_{av}$——平均功率因数,表8-17是一些用电设备的平均功率因数。

η——电动机效率。

$$P_{计}=K_{负}\cdot K_{同}\cdot P_N=K_{需}\cdot P_N \tag{8-237}$$

式中 $K_{负}$——负载系数,反映负载的运行情况;

$K_{同}$——同时系数,反映负载的同时使用情况;

$K_{需}$——需要系数,$K_{需}=K_{负}\cdot K_{同}$,表8-17是一些用电设备的需要系数;

P_N——电动机的额定功率(W)。

表8-17　需要系数 $K_{需}$ 及平均功率因数 $\cos\varphi_{av}$

用电设备类型	$K_{需}$	$\cos\varphi_{av}$
生产用通风机、水泵、连续工作运输机、电动机－发电机组	0.7	0.8
卫生用通风机	0.65	0.8
重复短时工作制的吊车	0.15～0.2	0.5
重复短时工作制的生产机械	0.2～0.4	0.5
铸工车间用的连续运输机及整沙机械	0.65	0.75
小批和单件生产的金属冷加工车间的机床拖动装置	0.18	0.65

下面介绍几种机床所需主拖动电动机的额定功率计算经验公式。

车床：

$$P_N = 36.3D^{1.54} \times 10^3 \tag{8-238}$$

式中　D——加工工件的最大直径(mm)。

立式车床：

$$P_N = 20D^{0.88} \times 10^3 \tag{8-239}$$

式中　D——加工工件的最大直径(mm)。

摇臂钻床：

$$P_N = 0.064D^{1.19} \times 10^3 \tag{8-240}$$

式中　D——最大的钻孔直径(mm)。

外圆磨床：

$$P_N = 0.1KB \times 10^3 \qquad (8\text{-}241)$$

式中 K——系数，与所用轴承类型有关。流动油承：$K=0.8\sim1.1$；滑动轴承：$K=1.0\sim1.3$；

B——砂轮宽度（mm）。

卧式镗床：

$$P_N = 0.004D^{1.7} \times 10^3 \qquad (8\text{-}242)$$

式中 D——镗杆直径（mm）。

龙门刨床：

$$P_N = \frac{B^{1.15}}{166} \times 10^3 \qquad (8\text{-}243)$$

式中 B——工作台宽度（mm）。

（2）单相电动机

$$I_{主} = I_{负} = \frac{P_{计}}{U_N \cos\varphi_{av} \eta} \qquad (8\text{-}244)$$

式中各参数同式（8-233）。

2. 控制电路的电流计算

控制电路电流主要是电器线圈的通电电流，其中它又分为启动电流 I_{st} 和吸持电流 $I_{吸}$。

$$I_{st} = \frac{P_{st}}{U_N} \qquad (8\text{-}245)$$

式中 P_{st}——启动功率（V·A）；

U_N——电器线圈的额定电压（V）。

$$I_{吸} = \frac{P_{吸}}{U_N} \qquad (8\text{-}246)$$

式中　$P_{吸}$——吸持功率(W)。

P_{st}、$P_{吸}$ 均可在产品目录中查得。

例 8-40　求 CJ10－60 型接触器线圈的启动电流和吸持电流。

解：查手册得：$U_N=380V$，$P_{st}=485V\cdot A$，$P_{吸}=26W$，则

$$I_{st}=\frac{P_{st}}{U_N}=\frac{485V\cdot A}{380V}=1.28A$$

$$I_{吸}=\frac{P_{吸}}{U_N}=\frac{26W}{380V}=0.07A=70mA$$

3. 辅助电路的电流计算

辅助电路主要由照明灯、指示灯组成，是电阻性负载，电流 I 可用下式计算。

$$I=\frac{P_N}{U_N} \tag{8-247}$$

式中　P_N——照明灯、指示灯的额定功率(W)；

U_N——照明灯、指示灯的额定电压(V)。

例 8-41　图 8-23 是某机床电气控制原理图，其主轴电动机 M2 的 $P_{M2N}=22kW$，$U_{M2N}=380V$，$n_{M2N}=1\ 470r/min$；其油泵电动机 M1 的 $P_{M1N}=2.2kW$，$U_{M1N}=380V$，$n_{M1N}=1\ 430r/min$。试选择各电器和电器控制线路的电流。

解：(1) 接触器的选择

KM1：
$$I_{KM1}=\frac{P_N\times10^3}{KU_N}$$

$P_N=2.2kW$，K 取 1，$U_N=380V$，则

$$I_{KM1}=\frac{2\ 200}{380}=5.8A$$

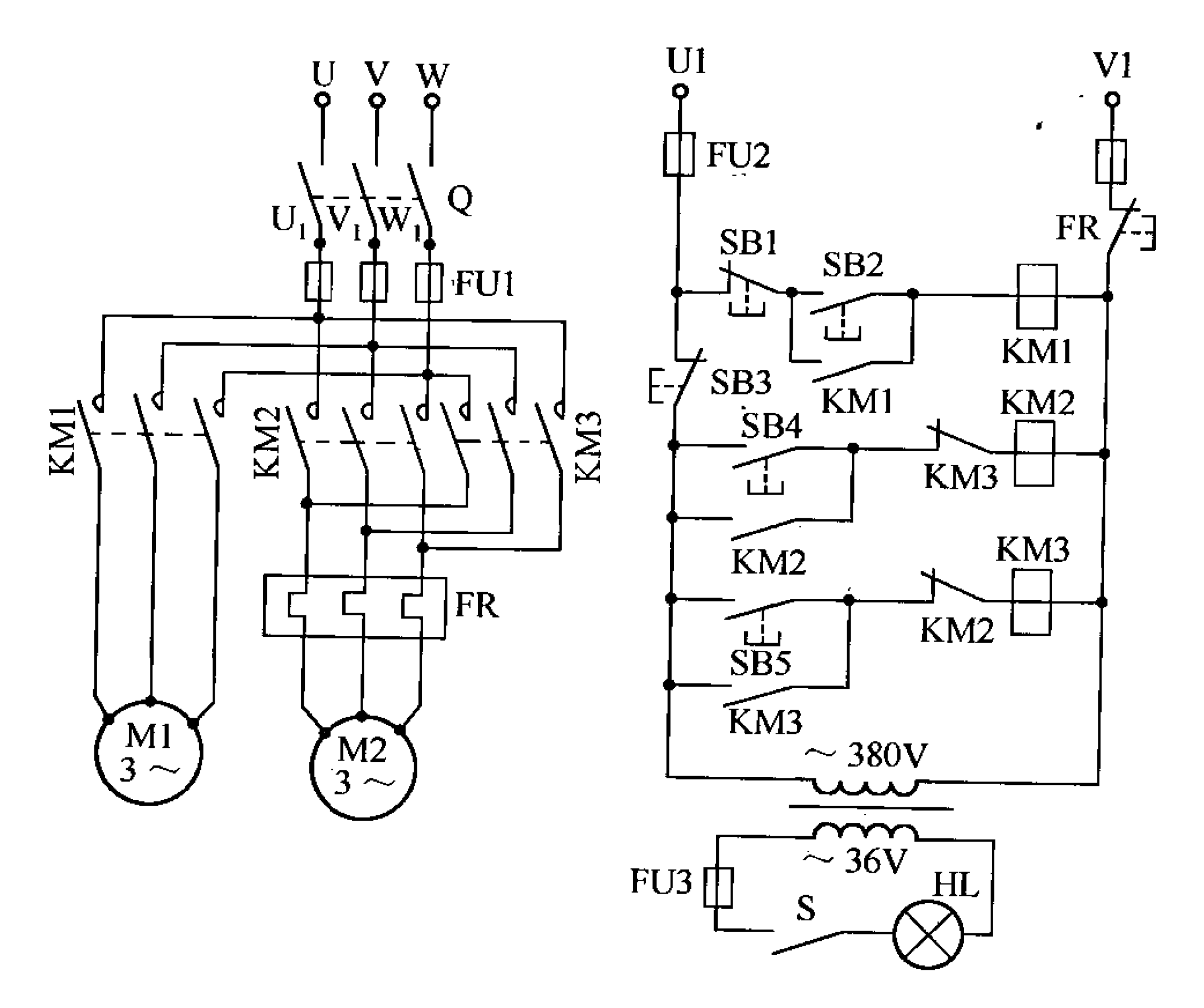


图 8-23　某机床电气控制原理图

KM2：

$$I_{KM2}=\frac{P_N\times10^3}{KU_N}$$

$P_N=22\text{kW}$，K 取 1，$U_N=380\text{V}$，则

$$I_{KM2}=\frac{22\ 000}{380}=57.9\text{A}$$

KM3：

$$I_{KM3}=I_{KM2}=57.9\text{A}$$

选 KM1 为 CJ10－10 型交流接触器，KM2、KM3 为 CJ10－60 型交流接触器。

(2) 主电路电流

M1 电动机的线电流：

$$I_{M1}=\frac{P_{计}}{\sqrt{3}U_N\cos\varphi_{AV}\eta_N}$$

取 $K_{需}=0.7$（由表 8-17 选取），$\cos\varphi_{AV}=0.8$（由表 8-17 选取）。

$$P_{计}=K_{需}\cdot P_N=0.7\times2.2=1.54\text{kW}$$

$U_N=380\text{V}$，选 M1 电动机型号是 Y90L-2，查手册可得 $\eta_N=0.86$，则

$$I_{M1}=\frac{1.54\times10^3}{\sqrt{3}\times380\times0.8\times0.86}=3.56\text{A}$$

M2 电动机的线电流：

$$I_{M2}=\frac{P_{计}}{\sqrt{3}U_N\cos\varphi_{AV}\eta_N}$$

由表 8-17 选取 $K_{需}=0.7$，$\cos\varphi_{AV}=0.8$

M2 电动机选用 Y180L－4 型，查手册可得 $\eta_N=0.915$，则

$$I_{M2}=\frac{0.7\times22\times10^3}{\sqrt{3}\times380\times0.8\times0.915}=31.2\text{A}$$

I_{M1}、I_{M2}即为主电路电流。

(3) 热继电器的选择

热继电器的额定电流为

$$I_{FRN}=1.05I_{M2}=1.05\times31.2=32.76\text{A}$$

选择 JR16－60/3 型。

(4) 组合开关 Q 的选择

$$I_{组N}=2\times(I_{M1}+I_{M2})=2\times(3.56+31.2)=69.52\text{A}$$

选择 HZ10－100/3 型。

（5）控制变压器的选择

变压比：

$$K=\frac{380}{36}=10.5$$

变压器容量：

$$S_T=K_T\sum P$$

取 $K_T=1.25$，$P=40W$，则

$$S_T=1.25\times 40=50V\cdot A$$

（6）控制电路的电流

KM1：

$$I_{KM1st}=\frac{P_{st}}{U_N}=\frac{65}{380}=0.17A$$

（P_{st}由手册查得为 65V·A）

$$I_{KM1吸}=\frac{P_{吸}}{U_N}=\frac{11}{380}=0.03A$$

（$P_{吸}$ 由手册查得为 11W）

KM2、KM3：

$$I_{KM2st}=\frac{P_{st}}{U_N}=\frac{485}{380}=1.28A$$

（P_{st}由手册查得为 485V·A）

$$I_{KM2吸}=\frac{P_{吸}}{U_N}=\frac{95}{380}=0.25A$$

（$P_{吸}$ 由手册查得为 95W）

$$I_{KM3st}=I_{KM2st},I_{KM3吸}=I_{KM2吸}$$

（7）熔断器的选择

FU1：

$$I_{FU1}=2\times I_{Nmax}+\sum I_N=2\times I_{M2}+I_{M1}$$
$$=62.4+3.56=66A$$

选 RL1－100 型。

FU2：选择控制电路的熔断器要从两方面考虑，即熔断器的安秒特性（熔断电流与熔断时间的关系）及电器的吸合时间，本例中的接触器吸合时间小于 200ms。选择步骤一般为先算出控制电路启动电流 I_{st} 与控制电路吸持电流 $I_{吸}$ 之比，再从熔断器的安秒特性（手册中可查）校验。如本例中，

$$\frac{I_{st}}{I_{吸}}=\frac{0.17+1.28}{0.03+0.25}=5.17$$

从安秒特性曲线中查得：如果以 I_{st} 选择熔断器，熔断电流为 $I_{st}=5.17\times I_{吸}=5.17\times I_N$，则熔体的 $I_{熔N}$ 太大；如果以 $I_{吸}$（即控制电路额定电流 I_N）选择熔断器，则在启动时间（200ms）内，熔体很快熔断。一般选 $I_{熔N}/I_{吸}\leqslant 4$ 比较可靠，即 $I_{FU2}=4\times 0.28=1.12A$，选 RL1-15 型熔断器。

FU3：辅助电路电流 $=\frac{40}{36}=1.11A$

选 RL1－15 型。

参 考 文 献

[1] 建筑电气设备手册编写组. 建筑电气设备手册. 北京:中国建筑工业出版社,1987.

[2] 潘成林. 实用中小电动机手册. 上海:上海科学技术出版社,2007.

[3] 王其红. 新编电工手册. 郑州:河南科学技术出版社,2007.

[4] 葛剑青. 基础电工控制应用电路. 北京:电子工业出版社,2007.

[5] 辛长平. 电工应用电路图说. 北京:电子工业出版社,2006.

[6] 许国发. 实用电工计算手册(第2版). 上海:上海科学出版社,2001.